



TUGAS AKHIR - RC-141510

**PERENCANAAN REVITALISASI JALUR KERETA API
LINTAS SEMARANG – DEMAK**

RIZQY MUKHLIS KHOIRUDDIN
NRP 31120100012

Dosen Pembimbing
Budi Rahardjo, ST., MT.

JURUSAN TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2016



FINAL PROJECT - RC-141510

**THE REVITALIZATION DESIGN OF SEMARANG -
DEMAK RAILWAY**

RIZQY MUKHLIS KHOIRUDDIN
NRP 3112100012

Supervisor
Budi Rahardjo, ST., MT..

CIVIL ENGINEERING DEPARTMENT
Faculty of Civil Engineering and Planning
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya 2016

PERENCANAAN REVITALISASI JALUR KERETA API LINTAS SEMARANG – DEMAK

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik

pada

Program Studi S-1 Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

RIZQY MUKHLIS KHOIRUDDIN

NRP. 3112 100 012

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir:

1. Budi Rahardjo, ST., MT
NIP. 197001152003121001

**SURABAYA
JULI, 2016**

Halaman ini sengaja dikosongkan

PERENCANAAN REVITALISASI JALUR KERETA API LINTAS SEMARANG – DEMAK

Nama : Rizqy Mukhlis Khoiruddin
NRP : 3112100012
Dosen Pembimbing : Budi Rahardjo, ST., MT.
Jurusan : Teknik Sipil

Abstrak

Semakin terbatasnya kapasitas layanan jalan raya membuat moda transportasi kereta api semakin menunjukkan keunggulannya. Keunggulan ini tak lepas dari kereta api sebagai moda yang paling unggul dari sisi daya angkut. Selain itu perkembangan teknologi perkeretaapian yang semakin cepat, aman, hemat energi dan ramah lingkungan semakin menguatkan keunggulan kereta api dibandingkan moda yang lain. Sehingga Pemerintah membuat Rencana Induk Perkeretaapian Nasional (RIPNas Tahun 2030). Dalam Ripnas tersebut pemerintah berencana mengaktifkan kembali dan meningkatkan (revitalisasi) jalur – jalur kereta yang sudah mati. Salah satunya adalah jalur kereta api di kawasan pantai utara Jawa. Sebab akses utama transportasi berupa jalan raya pantai utara (pantura) saat ini kepadatan kendaraannya sudah melebihi kapasitas jalan yang tersedia sehingga kerap diwarnai kemacetan. Untuk itu tujuan dari tugas akhir ini adalah untuk merevitalisasi jalan kereta api lintas Semarang – Demak, serta merencanakan anggaran biaya untuk pembangunan jalan kereta api ini. Metode yang digunakan dalam menyelesaikan permasalahan adalah mengumpulkan data sekunder berupa peta rupa bumi, peta topografi, dan brosur lokomotif, bantalan, dan rel kereta api. Kemudian dilakukan evaluasi trase yang pernah ada apakah layak atau tidak di revitalisasi. Lalu membuat gambar geometrik dan potongan dari trase yang terpilih serta membuat rancangan anggaran biaya (RAB). Hasil dari tugas akhir ini adalah adanya hasil evaluasi trase yang

pernah ada yang tidak layak. Adapun trase baru dibuat pada lintas Semarang – Demak. Jalur kereta api didesain menggunakan jenis rel R50 dengan lebar sepur 1067, kecepatan maksimum 60 km/jam, jenis penambat pandrol elastik tunggal. Panjang trase didesain sepanjang 24,46 km dengan tebal balas atas 25 cm dan tebal balas bawah 30 cm, menggunakan bantalan beton dengan jarak 60 cm. Besar biaya yang dibutuhkan dalam pembangunan kembali jalur kereta api ini adalah sebesar Rp 786.045.380.000,00.

Kata kunci: RIPNas, Revitalisasi, Trase, Jalur Kereta Api Semarang – Demak

THE REVITALIZATION DESIGN OF SEMARANG – DEMAK RAILWAY

Name : Rizqy Mukhlis Khoiruddin
NRP : 3112100012
Supervisor : Budi Rahardjo, ST., MT.
Department : Civil Engineering

Abstract

The inadequate capacity of the road service makes rail transport modes are progressively showing its superiority. These advantages cannot be separated from the rail as a transport mode that has the most superior in terms of haulage. In addition, the development of railway technology that makes rail transport faster, safer, more energy efficient and environmentally friendly reinforces its advantages compared to other transport modes. Therefore, the government made the National Railway Master Plan (Rencana Induk Perkeretaapian Nasional) 2030 in which the plan of government to reactivate and revitalize the inactive railway lines is addressed. One of the inactive lines is a railway line in the north coast of Java. This line is chosen due to inability of current capacity of north coast highway to accommodate highly dense traffic that often happened. The purpose of this thesis is evaluate and analyze the revitalization plan of the railroad from Semarang to Demak, as well as to plan the budget for the construction of this railway. The method used to solve the problems is to collect secondary data such earth map, topographic maps, and brochures locomotive, sleepers, and rail of railway. Then make evaluate of the existing alignment what is feasible or not to revitalization. Then create geometric images of selected alignment and a budget plan (RAB) are constructed. The results of this final project is had evaluation of existing railway alignment that is not relevan anymore. So the new alignment Semarang – Demak is made. This railway is designed with wide-gauge rail R50 1067, maximum speed plan until 60 km/hour, type of fastening used which is

Pandrol single elastic fastening. Designed along the track length 24.46 km with a thickness of top ballast is 25 cm and subbase 30 cm thick, using concrete pads with a distance of 60 cm. Costs for rebuilding this rail road is Rp 786.045.380.000,00.

Key words: RIPNas, Revitazation, Alignment, Semarang – Demak Railway

KATA PENGANTAR

Puji Syukur saya panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul **“PERENCANAAN REVITALISASI JALUR KERETA API LINTAS SEMARANG – DEMAK”** ini, sebagai syarat untuk dapat menyelesaikan studi di program S1 Jurusan Teknik Sipil Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, karena hanya atas berkah dan anugrah-Nya lah penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik.

Dalam penyelesaiannya sudah tentu penulis banyak mendapatkan kesulitan-kesulitan, namun atas bantuan beberapa pihak, Tugas Akhir ini dapat diselesaikan.

Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak dan Ibu tercinta, dan kakak adik tercinta yang senantiasa memberikan motivasi dan dukungan selama mengerjakan Tugas Akhir.
2. Bapak Budi Rahardjo, ST., MT, selaku dosen pembimbing yang senantiasa rendah hati dan sabar membimbing penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir. Serta tidak kalah berbagai saran – saran beliau yang sangat membangun karakter dan memotivasi penulis dalam mengerjakan Tugas Akhir.
3. Pihak – pihak PT KAI, Om Andik yang telah membantu menjelaskan alur dalam peminjaman data ke DAOP IV, Pak Amin Sugiyanto selaku kepala departemen asset non operasi yang telah mau menunjukkan peta *grond kaart* dan berdiskusi dengan penulis.
4. Arizal dan Imel yang telah membantu penulis dalam survey lalu lintas dan juga telah membiarkan penulis menginap dikosannya ketika penulis melakukan survey lapangan.

5. Teman – teman “*Doro CS*” yang selalu membuat panik akan tanggal deadline dan pamer progres Tugas Akhir mereka sehingga dapat memotivasi penulis.
6. Teman – teman kontrakan Pati Blok U yang selalu mau menampung penulis ketika membutuhkan internet untuk mengerjakan Tugas Akhir dan membelikan makan ketika penulis sibuk mengerjakan.
7. Teman – teman S-55 yang selalu memberikan info di grup angkatan.
8. Serta pihak – pihak lain yang turut membantu melancarkan terselesainya Tugas Akhir penulis yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis sadari bahwa Tugas Akhir yang telah dibuat ini masih jauh dari kesempurnaan, sehingga kritik dan saran sangat dibutuhkan dalam penyempurnaan Tugas Akhir ini. Penulis berharap apa yang telah dibuat ini dapat bermanfaat bagi orang lain.

Akhir kata, penulis sebagai penyusun memohon maaf jika ada kesalahan dalam penulisan dan penganalisaan Tugas Akhir ini. Atas perhatian pembaca, penulis sampaikan terimakasih.

Surabaya, Juni 2016

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	
HALAMAN PENGESAHAN	i
ABSTRAK	iii
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL.....	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Perumusan Masalah	3
1.3. Tujuan	3
1.4. Batasan Masalah	3
1.5. Manfaat	4
1.6. Lokasi	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1. Rencana Jaringan Jalur Kereta Api di Pulau Jawa	7
2.2. Trase	8
2.2.1. Pemilihan Trase	8
2.3. Ruang Bebas	9
2.4. Emplasemen.....	11
4.4.1. Tipe – tipe Emplasemen.....	12
2.5. Kereta Api.....	13
2.5.1. Heavy Rail	13
2.5.2. Light Rail Transit	14
2.6. Kelas Jalan Rel.....	14
2.7. Geometrik Jalan Rel.....	15
2.8.1. Lengkung Vertikal	15
2.8.2. Lengkung Horizontal	17
2.8.3. Pelebaran Sepur	24
2.8. Bantalan (Sleepers)	24
2.9.1. Jenis – Jenis Bantalan	24
2.9. Penambat.....	27

2.10.	Pengelasan Rel	29
2.11.	Balas (Ballast)	30
2.12.	Struktur Badan Jalan Rel	32
2.13.	Rencana Anggaran Biaya (RAB)	33
2.13.1.	Volume Pekerjaan	34
2.13.2.	Analisa Harga Satuan	34
BAB III	METODOLOGI	37
3.1.	Diagram Alir Pengerjaan Tugas Akhir	37
3.2.	Langkah – Langkah Perencanaan	38
3.2.1	Identifikasi Masalah	38
3.2.2	Studi Pustaka	38
3.2.3	Pengumpulan Data	39
3.2.4	Analisis Moda yang Digunakan	40
3.2.5	Perencanaan Trase	40
3.2.5	Perencanaan Geometri Jalan Rel	40
3.2.6	Perencanaan Struktur Jalan Rel	40
3.2.7	Perhitungan Rencana Anggaran Biaya (RAB) ..	41
BAB IV	PEMILIHAN MODA DAN EVALUASI TRASE	43
4.1.	Analisis Pemilihan Moda yang Digunakan	43
4.2.	Pemilihan Trase	46
4.2.1.	Evaluasi Trase Yang Pernah Ada	46
4.2.2.	Pemilihan Trase Baru	55
BAB V	PERENCANAAN GEOMETRIK DAN STRUKTUR	
	JALAN REL	59
5.1.	Perencanaan Geometrik Jalan Rel	59
5.1.1.	Penentuan Koordinat Trase	59
5.1.2.	Pembuatan Topografi (Surface)	60
5.1.3.	Alinyemen Horisontal	61
5.1.4.	Alinyemen Vertikal	64
5.2.	Perencanaan Struktur Jalan Rel	68
5.2.1.	Penentuan Profil Rel	68
5.2.2.	Penentuan Profil Bantalan	69
5.2.3.	Penentuan Balas dan Sub Balas	71
5.2.4.	Perencanaan Tubuh Jalan Rel	73

5.2.5. Perencanaan Peron	76
5.2.6. Perencanaan Emplasemen Stasiun	78
BAB VI RENCANA ANGGARAN BIAYA	83
6.1. Rincian Volume Pekerjaan.....	83
6.2. Analisa Pekerjaan Proyek	84
6.3. Rekapitulasi Rencana Anggaran Biaya	100
BAB VII KESIMPULAN DAN SARAN.....	103
7.1. Kesimpulan	103
7.2. Saran	104
DAFTAR PUSTAKA	105

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1	Rencana Jaringan Kereta Api di Pulau Jawa Tahun 2030.....	5
Gambar 1. 2	Trase Yang pernah ada Jalur Kereta Api Semarang – Demak	5
Gambar 2. 1	Ruang Bebas Lebar Rel 1067 mm pada Bagian Lurus	10
Gambar 2. 2	Ruang Bebas Lebar Rel 1067 mm pada Bagian Lurus	11
Gambar 2. 3	Skema Lengkung Vertikal	16
Gambar 2. 4	Skema Lengkung Lingkaran.....	17
Gambar 2. 5	Skema Lengkung Lingkaran Spiral – Circle – Spiral	20
Gambar 2. 6	Diagram Alir Perencanaan Lengkung S – C – S21	
Gambar 2. 7	Skema Lengkung Lingkaran Spiral-Spiral.....	22
Gambar 2. 8	Diagram Alir Perencanaan Lengkung S – S	23
Gambar 2. 9	Penambat Elastik Dolken.....	28
Gambar 2. 10	Penambat Elastik Pandrol	28
Gambar 2. 11	Penambat Elastik Type F.....	28
Gambar 2. 12	D.E Spring Clip Pada Bantalan Kayu Dan Beton	29
Gambar 2. 13	Sambungan Melayang Antara Kedua Bantalan Ujung Berjarak 30 cm Jarak ke Sumbu Ujung 52 cm.....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 2. 14	Sambungan Menumpu.....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 2. 15	Penampang Melintang Jalan Rel pada Bagian Lurus	33
Gambar 2. 16	Penampang Melintang Jalan Rel pada Lengkungan	33
Gambar 3. 1	Diagram Alir Metodologi Pekerjaan Tugas Akhir	37
Gambar 4. 1	Kereta Rel Listrik INKA i9000	44
Gambar 4. 2	Trase Yang pernah ada Jalur Kereta Api Lintas Semarang – Demak.....	47

Gambar 4. 3	Dokumentasi dan Lokasi Sta 0+000 – 2+400 ...	47
Gambar 4. 4	Dokumentasi dan Lokasi Sta 2+400 – 3+200 ...	48
Gambar 4. 5	Dokmentasi dan Lokasi Sta 3+200 – 4+700	49
Gambar 4. 6	Dokmentasi dan Lokasi Sta 4+700 – 7+100	49
Gambar 4. 7	Dokmentasi dan Lokasi Sta 7+100 – 9+200	50
Gambar 4. 8	Dokmentasi dan Lokasi Sta 9+200 – 10+000 ...	51
Gambar 4. 9	Dokmentasi dan Lokasi Sta 10+000 – 14+300 .	51
Gambar 4. 10	Dokmentasi dan Lokasi Sta 14+300 – 18+400 .	52
Gambar 4. 11	Dokmentasi dan Lokasi Sta 18+400 – 21+500 .	53
Gambar 4. 12	Dokmentasi dan Lokasi Sta 21+500 – 22+800 .	53
Gambar 4. 13	Dokmentasi dan Lokasi Sta 22+800 – 23+500 .	54
Gambar 4. 14	Dokmentasi dan Lokasi Sta 23+500 – 24+000 .	55
Gambar 4. 15	Trase Baru Jalur Kereta Api Lintas Semarang – Demak	56
Gambar 5. 1	Tampak Lokasi Titik – titik PI Trase Baru	59
Gambar 5. 2	Tampilan Topografi Dalam Autocad Civil 3D .	61
Gambar 5. 3	Alinyemen Horizontal Jalur Kereta Api Semarang – Demak	61
Gambar 5. 4	Titik PI-4, PI-5, dan PI-6	63
Gambar 5. 5	Lengkung pada PI-5.....	63
Gambar 5. 6	Skema Lengkung Vertikal Titik No. 9.....	67
Gambar 5. 7	Ukuran Penampang Rel Tipe JIS 50kg N atau R.50	69
Gambar 5. 8	Dimensi Bantalan Terpilih.....	70
Gambar 5. 9	Dimensi Balas dan Sub Balas	72
Gambar 5. 10	Kemiringan pada Galian	74
Gambar 5. 11	Permodelan Konstruksi Gallian	74
Gambar 5. 12	Permodelan Konstruksi Timbunan	75
Gambar 5. 13	Dimensi Peron dalam Meter	78
Gambar 5. 14	Emplasemen Semarag Tawang	79
Gambar 5. 15	Denah Emplasemen Stasiun Sayung.....	80
Gambar 5. 16	Denah Emplasemen Stasiun Kalikondang	81
Gambar 5. 17	Denah Emplasemen Stasiun Demak	81

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1	Kelas Jalan Rel.....	15
Tabel 2. 2	Jari-jari Minimum Lengkung Vertikal	16
Tabel 2. 3	Pelebaran Sepur	24
Tabel 2. 4	Momen Maksimum Bantalan Kayu	25
Tabel 2. 5	Momen Maksimum Bantalan Kayu Beton Tunggal dengan Proses <i>Pretention</i>	26
Tabel 2. 6	Momen Maksimum bantalan Kayu Beton Tunggal dengan Proses <i>Posttention</i>	26
Tabel 2. 7	Grading Limits	31
Tabel 2. 8	Tebal Balas	32
Tabel 2. 9	Tabel Penampang Melintang Jalan Rel	33
Tabel 3. 1	Jenis dan Fungsi Data	39
Tabel 4. 1	Hasil Survey Perhitungan Kendaraan.	43
Tabel 4. 2	Data Kereta Rel Listrik INKA i9000	44
Tabel 5. 1	Koordinat Lokasi Titik – titik PI Trase Baru....	60
Tabel 5. 2	Tabulasi Perhitungan Alinyemen Horizontal dari Autocad Civil 3D	61
Tabel 5. 3	Tabulasi Perhitungan Alinyemen Vertikal dari Autocad Civil 3D	64
Tabel 5. 4	Persyaratan Material Sub Balas.....	71
Tabel 5. 5	Kebutuhan Spoor siding Stasiun Baru.....	79
Tabel 5. 6	Data Wesel Stasiun Sayung	80
Tabel 5. 7	Data Spoor siding Stasiun Sayung	80
Tabel 5. 8	Data Wesel Stasiun Kalikondang	81
Tabel 5. 9	Data Spoor siding Stasiun Kalikondang.....	81
Tabel 5. 10	Data Wesel Stasiun Demak	82
Tabel 5. 11	Data Spoor siding Stasiun Demak.....	82
Tabel 6. 1	Volume Pekerjaan Pembangunan Jalur Kereta Api Lintas Semarang – Demak	83
Tabel 6. 2	Daftar Analisa Pekerjaan Pembangunan Jalur Kereta Api Lintas Semarang – Demak.....	85
Tabel 6. 3	Rekapitulasi Rencana Anggaran Biaya	100

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Semakin terbatasnya kapasitas layanan jalan raya membuat moda transportasi kereta api semakin menunjukkan keunggulannya. Keunggulan ini tak lepas dari kereta api sebagai moda yang paling unggul dari sisi daya angkut. Selain itu perkembangan teknologi perkeretaapian yang semakin cepat, aman, hemat energi dan ramah lingkungan semakin menguatkan keunggulan kereta api dibandingkan moda yang lain. Melihat prospek cerah perkeretaapian, sudah sewajarnya keunggulan – keunggulan tersebut dapat dimanfaatkan secara optimal dalam penyelenggaraan transportasi nasional yang terintegrasi. Untuk itu pemerintah dalam hal ini, Direktorat Jenderal Perkeretaapian, Kementerian Perhubungan menyadari pentingnya menata kembali penyelenggaraan perkeretaapian nasional secara menyeluruh guna memastikan tujuan penyelenggaraan perkeretaapian seperti diamanatkan dalam UU No. 23 Tahun 2007 tentang Perkeretaapian. Penyelenggaraan ini dituangkan dalam bentuk Rencana Induk Perkeretaapian Nasional (RIPNas) Tahun 2030.

Dalam RIPNas sasaran dan target penyelenggaraan perkeretaapian nasional tahun 2030 adalah mewujudkan layanan transportasi perkeretaapian yang memiliki pangsa pasar penumpang sebesar 11% - 13 % dan barang sebesar 15% - 17% dari keseluruhan layanan transportasi nasional. Sehingga dilakukan pengembangan layanan salah satunya pada sektor jaringan kereta api. Untuk pengembangan jaringan jalur kereta api di Pulau Jawa salah satunya adalah mengoptimalkan jaringan yang pernah ada melalui program peningkatan, rehabilitasi, reaktivasi lintas non operasi serta peningkatan kapasitas lintas melalui pembangunan jalur ganda dan *shortcut*.

Pada Tahun 2030 direncanakan akan dibangun secara bertahap prasarana salah satunya adalah reaktivasi dan peningkatan (revitalisasi) jalur kereta api di kawasan lintas utara Jawa yaitu

lintas Semarang – Demak – Juana – Rembang. Sebab jalan pantai utara (pantura) yang merupakan akses transportasi utama sendiri, kepadatan kendaraannya sudah melebihi kapasitas jalan yang tersedia sehingga kerap diwarnai kemacetan.

Sejarah rel Semarang – Rembang ini merupakan jalur yang dibangun oleh persahaan swasta kolonial Belanda yaitu *Semarang Joanaa Stoomstram Maatschappij* (SJS). Dibangun tahun 1884 – 1900 sedangkan menuju ke timur yaitu Lasem – Jatirogo jalur keretanya di bangun tahun 1914 – 1919 dan Juana (Joana) – Lasem mulai di buka tanggal 1 Mei 1900. Jalur kereta Rembang-Semarang merupakan pioner dari kejayaan perkeretaapian di Semarang. Pembangunan rel pertama diprakarsai oleh Gubernur Jenderal tanah jajahan pada tanggal 7 Juni 1864 yang berlokasi di desa Kemijen (sekarang Stasiun Gudang Semarang). Pelaksanaan proyek pembangunan dipimpin Baron Sloet Van den Beele (1886-1866).

Diperkirakan pada tahun 2030 perpindahan orang sebesar 858.500.000 per tahun dan barang 534.000.000 ton per tahun di Jawa (RIPNas, 2012). Oleh karena itu, dibutuhkan angkutan transportasi massal yang efektif baik untuk angkutan barang maupun penumpang yang mampu melayani dalam kapasitas besar. Dari segi keefisiennya, kereta api tergolong unggul dari moda transportasi lain, karena dari segi volume angkut dan konsumsi energi yang dibutuhkan kereta api lebih unggul dibandingkan bus dan mobil yang hanya mampu melayani angkutan transportasi dengan volume kecil.

Pada tugas akhir ini, penulis akan merencanakan revitalisasi meliputi desain geometri dan struktur jalan rel sebagai alternatif angkutan massal Semarang – Demak.. Penulis berharap tulisan ini dapat digunakan sebagai masukan untuk mengatasi permasalahan transportasi akibat angkutan massal di Kabupaten Demak.

1.2. Perumusan Masalah

Hal-hal yang menjadi permasalahan dalam Tugas Akhir ini adalah sebagaimana berikut:

1. Kalau direvitalisasi moda yang digunakan *heavy rail* atau *light rail transit*?
2. Bagaimanakah kondisi trase jalan rel kereta api yang pernah ada saat ini?
3. Bagaimanakah desain geometri jalan rel kereta api yang digunakan ?
4. Bagaimanakah rencana konstruksi yang digunakan ?
5. Berapakah rancana anggaran biaya yang dibutuhkan ?

1.3. Tujuan

Adapun tujuan dari Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Menentukan moda yang digunakan *heavy rail* atau *light rail transit*.
2. Mengevaluasi trase yang pernah ada apakah layak direvitalisasi atau tidak.
3. Merencanakan desain geometri jalan rel kereta api yang sesuai dengan persyaratan.
4. Menghitung konstruksi jalan rel yang digunakan.
5. Menghitung rancana anggaran biaya yang dibutuhkan dalam pembangunan jalan rel tersebut.

1.4. Batasan Masalah

Batasan masalah yang digunakan dalam tugas akhir ini adalah:

1. Data yang dipakai adalah data sekunder dari PT. KAI (persero) DAOP IV Semarang, dan hasil pengamatan atau penelitian laboratorium perhubungan.
2. Daerah perencanaan adalah dari Semarang – Demak.
3. Dalam tugas akhir ini tidak membahas infrastruktur kereta api (persinyalan jembatan, rumah sinyal, stasiun, dipo).

4. Tidak membahas struktur jalan rel pada jembatan viaduct atau aquaduct.
5. Tidak menghitung kekuatan timbunan dari jalan kereta api rencana.
6. Tidak melakukan penyusunan *cashflow* dari perencanaan anggaran biaya konstruksi.
7. Tidak membahas tentang teknis pelaksanaan.
8. Tidak melakukan perhitungan sistem drainase jalan kereta api rencana.
9. Tidak membahas tentang metode perbaikan tanah.

1.5. Manfaat

Pada akhirnya setelah menyelesaikan Tugas Akhir ini, diharapkan adanya manfaat antara lain :

1. Penulis mampu merencanakan trase yang dibangun di lintas Semarang – Demak.
2. Mengurangi angka mobilisasi kendaraan pribadi dan angkutan barang yang menuju, dari dan melewati Semarang – Demak.
3. Tugas Akhir ini diharapkan akan bermanfaat bagi pemerintah sebagai masukan dan pembanding terhadap perkembangan dan pembangunan perkeretaapian di Pulau Jawa.

1.6. Lokasi

Lokasi dari Tugas Akhir ini berada di Provinsi Jawa Tengah dari Semarang sampai dengan Demak. Lokasi rencana dapat dilihat pada **Gambar 1. 1** dan **Gambar 1. 2**.



Gambar 1. 1 Rencana Jaringan Kereta Api di Pulau Jawa Tahun 2030

Sumber: RIPNas Tahun 2030



Gambar 1. 2 Trase Yang Pernah Ada Jalur Kereta Api Semarang – Demak

Sumber : Google Earth

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini akan dibahas dasar teori yang digunakan sebagai acuan dalam perencanaan geometri dan struktur jalan rel dari Semarang sampai Demak, Jawa Tengah. Ketentuan yang digunakan dalam perencanaan ini berdasarkan RIPNas Tahun 2030, pengembangan jaringan rel untuk luar Pulau Jawa menggunakan sepur dengan lebar 1067 mm dengan bantalan beton berjarak sekitar 60 cm.

2.1. Rencana Jaringan Jalur Kereta Api di Pulau Jawa

Sasaran pengembangan jaringan jalur kereta api di Pulau Jawa adalah mengoptimalkan jaringan yang pernah ada melalui program peningkatan, rehabilitasi, reaktivasi lintas non operasi serta peningkatan kapasitas lintas melalui pembangunan jalur ganda dan *shortcut*.

Pada tahun 2030 menurut RIPNas direncanakan akan dibangun secara bertahap prasarana perkeretaapian meliputi jalur, stasiun dan fasilitas operasi kereta api, diantaranya meliputi reaktivasi dan peningkatan (revitalisasi) jalur KA meliputi lintas:

1. Sukabumi – Cianjur – Padalarang.
2. Cicalengka – Jatinangor – Tanjungsari.
3. Cirebon – Kadipaten, Banjar – Cijulang.
4. Purwokerto – Wonosobo.
5. Semarang – Demak – Juana – Rembang.
6. Kedungjati – Ambarawa.
7. Jombang – Babat – Tuban.
8. Kalisat – Panarukan.
9. Madiun – Slahung.
10. Sidoarjo – Tulangan – Tarik.

2.2. Trase

Langkah awal dalam sebuah perencanaan struktur jalan raya atau pun jalan rel adalah dengan pemilihan trase. Trase atau

yang biasa disebut dengan sumbu jalan yaitu berupa garis-garis lurus yang saling berhubungan yang terdapat pada peta topografi suatu muka tanah. Trase biasanya dibuat dengan beberapa pilihan, salah satu trase yang dapat memenuhi syarat suatu perencanaan maka trase itulah yang digunakan sebagai acuan dalam perencanaan geometri jalan raya / jalan rel (Frisiani, 2011).

2.2.1. Pemilihan Trase

Ada beberapa cara yang digunakan sebagai pertimbangan dalam pemilihan trase yang dimana menjadi persyaratan dalam pemilihan trase jalan raya/jalan rel sehingga trase tersebut layak untuk dipilih. Beberapa poin pertimbangan dalam menentukan trase menurut Frisiani (2011) adalah:

a) Panjang Jalur Rencana

Prinsip utama seorang *engineer* teknik sipil adalah BMW (Biaya, Mutu, Waktu). Dalam hal ini perencanaan jalan tentunya akan memilih jalur yang ekonomis. Ekonomis disini berarti suatu jalan dapat dibangun dengan kualitas dan harga yang terjangkau. Maka dengan merencanakan trase yang semakin pendek, maka biaya pembangunan relatif lebih kecil.

b) Elevasi Permukaan Tanah Jalur

Salah satu syarat dalam perencanaan jalan adalah dengan memberikan tingkat kenyamanan kepada penumpang. Jalan yang terlalu curam akan membuat kendaraan menjadi terasa lebih berat akibat adanya gaya sentrifugal. Sehingga pengguna jalan tidak lagi menemukan kenyamanan saat menggunakan jalan tersebut.

Pemilihan elevasi jalur juga sangat berpengaruh terhadap besar jumlah galian dan timbunan (*cut and fill*) yang dibutuhkan. Pemilihan elevasi ini diharapkan dapat memilih jalur dengan kondisi elevasi tanah yang tidak terlalu jauh berbeda ketinggiannya, sehingga dapat mengurangi volume galian dan timbunan yang terlalu besar.

c) **Daerah Pemukiman**

Dalam penentuan trase dibuat agar seminimal mungkin melintasi daerah pemukiman yang ada. Karena selain biaya yang dikeluarkan lebih tinggi jika dibandingkan dengan pembebasan lahan kosong, juga menghindari adanya konflik sosial yang muncul akibat pembangunan jalan tersebut.

d) **Biaya Pembebasan Lahan**

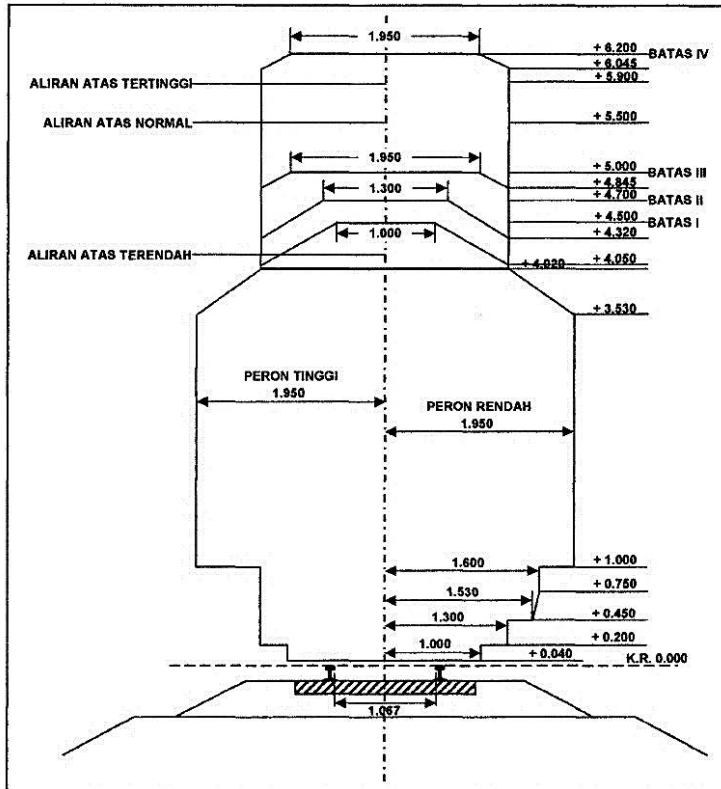
Perbandingan harga dalam pembebasan lahan juga turut berpengaruh dalam pemilihan trase yang digunakan. Pemilihan trase diharapkan dapat meninjau harga pembebasan yang cenderung lebih murah.

e) **Jari-Jari Lengkung Geometri**

Penentuan jari – jari lengkung geometri dalam menarik trase jalan akan sangat mempengaruhi keadaan jalan setelah dibangun. Perencana jalan diharapkan dapat merencanakan jalan dengan jari – jari yang cukup besar, hal ini dikarenakan semakin kecil jari – jari lengkung geometri yang digunakan maka semakin tajam tikungannya.

2.3. Ruang Bebas

Ruang bebas adalah ruang di atas jalan rel yang senantiasa harus bebas dari segala rintangan dan benda penghalang, ruang ini disediakan untuk lalu lintas kereta api. Dalam Peraturan Menteri Perhubungan No. 60 Tahun 2012 detail ruang bebas yang dibutuhkan sebagaimana dijelaskan pada **Gambar 2. 1** dan **Gambar 2. 2**.

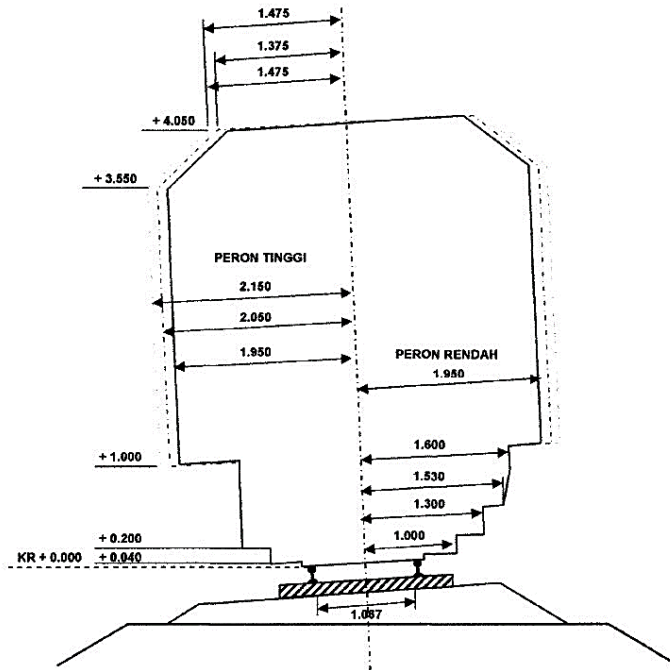


Keterangan :

- Batas I = Untuk jembatan dengan kecepatan sampai 60 km/jam
- Batas II = Untuk 'Viaduk' dan terowongan dengan kecepatan sampai 60km/jam dan untuk jembatan tanpa pembatasan kecepatan.
- Batas III = Untuk 'viaduk' baru dan bangunan lama kecuali terowongan dan jembatan
- Batas IV = Untuk lintas kereta listrik

Gambar 2. 1 Ruang Bebas Lebar Rel 1067 mm pada Bagian Lurus

Sumber: Peraturan Menteri Perhubungan No. 60 Tahun 2012



Keterangan :

- Batas ruang bebas pada lintas lurus dan pada bagian lengkungan dengan jari – jari > 3000 m.
- - - - - Batas ruang bebas pada lengkungan dengan jari – jari 300 sampai dengan 3000 m.
- Batas ruang bebas pada lengkungan dengan jari – jari < 300 m.

Gambar 2. 2 Ruang Bebas Lebar Rel 1067 mm pada Bagian Lurus

Sumber: Peraturan Menteri Perhubungan No. 60 Tahun 2012

2.4. Emplasemen

Emplasemen adalah bagian dari kompleks stasiun yang berupa lapangan terbuka dan terdapat susunan jalan – jalan rel kereta api beserta kelengkapannya. Selain itu dapat dikatakan bahwa Emplasemen adalah konfigurasi sepur – sepur untuk suatu tujuan tertentu, yaitu menyusun kereta atau gerbong menjadi

rangkaian yang dikehendaki dan menyimpannya pada waktu tidak digunakan (Mataputun, 2013).

Perencanaan sepur di emplasemen stasiun direncanakan dengan mempertimbangkan aspek ekonomi dan prakiraan peningkatan volume angkutan penumpang dan barang. Sistem pengamanan dan lain – lain. Panjang efektif sepur siding minimum yaitu 400 m sedangkan untuk kecepatan rencana 30 Km/Jam. Tipe – tipe emplasemen menurut Mataputun (2013) adalah:

4.4.1. Tipe – tipe Emplasemen

A. Emplasemen Stasiun/ Penumpang

Emplasemen penumpang yang gunanya untuk memberi kesempatan kepada penumpang untuk membeli karcis, menunggu datangnya kereta api sampai naik ke kereta api melalui peron.

B. Emplasemen Barang

Khusus melayani pengiriman dan penerimaan barang dan letaknya dekat dengan daerah industri, perniagaan, dan lalu lintas umum. Sepur gudang dapat dibuat di satu sisi atau pada kedua sisi gudang dan di dalam gudang satu sepur atau lebih. Untuk cadangan perluasan dan ketentraman kota bisa dibuat di luar kota.

C. Emplasemen Langsir

Kereta Api barang dari semua jurusan yang menuju ke emplasemen langsir gerbong – gerbongnya dipisah – pisahkan dalam kelompok – kelompok menurut jurusan dan tempat tujuannya. Letak emplasemen harus jauh dari pemukiman agar pekerjaan melangsir gerbong tidak mengganggu ketertiban umum.

D. Emplasemen Penyusun/ Depo Kereta

Tempat untuk membersihkan, memeriksa, memperbaiki kerusakan kecil dan melengkapi kereta-kereta kembali menjadi rangkaian kereta api untuk disiapkan di sepur berangkat berangkat di emplasemen penumpang pada saat kereta api mulai atau mengakhiri perjalanannya.

E. Emplasemen Depo Lokomotif

Untuk kebutuhan lokomotif – lokomotif yang menginap. Diperlukan ditempat – tempat peralihan dari jalan dataran ke jalan pegunungan untuk pergantian lokomotif dan di tempat – tempat yang harus melayani lokomotif – lokomotif untuk keperluan di emplasemen langsir.

F. Emplasemen Pelabuhan

Terdiri dari dua jurusan, yaitu dari daerah pedalaman ke pangkalan sebaliknya. Keretaapi barang yang datang dari pedalaman diceraikan di emplasemen pelabuhan menurut kelompok – kelompok pembagi, kemudian gerbong – gerbong dibawa ke kelompok pembagimasing – masing, dimana dilakukan penyusunannya menurut pangkalan-pangkalan dandang – gudang.

2.5. Kereta Api

Kereta api didefinisikan sebagai sarana transportasi berupa kendaraan dengan tenaga gerak, baik berjalan sendiri maupun dirangkaikan dengan kendaraan lainya, yang akan ataupun sedang bergerak di rel (Fitriasari, 2014). Sedangkan pengelompokan kereta api perkotaan menurut Fitriasari (2014) adalah sebagai berikut:

2.5.1. Heavy Rail

Kereta api berat dikenal juga sebagai Heavy Rail Transit atau rapid transit, underground, subway, tube, elevated, atau metro adalah angkutan kereta api perkotaan yang berjalan dilintas yang dipisah dari lalu lintas lainnya sehingga dapat berjalan dengan kecepatan maksimum 100 km/jam atau kecepatan perjalanan sekitar 25 sampai 30 km/jam. Perkataan *subway* digunakan pada berbagai kereta api perkotaan di Amerika termasuk di Glasgow dan Toronto. Sistem yang di London menggunakan istilah *underground* dan *tube*. Di Jerman disebut U-Bahn, berasal dari kata Untergrundbahn yang berarti jalan bawah tanah. Berbagai sistem di Asia Tenggara seperti Taipei dan Singapore disebut sebagai MRT yang merupakan singkatan dari Mass Rapid Transit.

2.5.2. Light Rail Transit

Kereta api ringan dikenal juga sebagai LRT sebagai singkatan Light Rail Transit adalah salah satu sistem Kereta Api Penumpang yang beroperasi dikawasan perkotaan yang konstruksinya ringan dan bisa berjalan bersama lalu lintas lain atau dalam lintasan khusus, disebut juga tram.

Kereta api ringan banyak digunakan diberbagai negara di Eropa dan telah mengalami modernisasi, antara lain dengan otomatisasi, sehingga dapat dioperasikan tanpa masinis, bisa beroperasi pada lintasan khusus, penggunaan lantai yang rendah (sekitar 30 cm) yang disebut sebagai Low floor LRT untuk mempermudah naik turun penumpang.

a. Kereta Api Ringan di Jalan

Disebut juga LRT I, beroperasi di jalan bersama dengan lalu lintas kendaraan, tipe ini membutuhkan percepatan dan perlambatan mendekati performansi kendaraan bermotor. Kapasitas sekitar 10 000 sampai dengan 30 000 penumpang jam. Kecepatan perjalanan sekitar 15 sampai 20 km/jam.

b. Kereta Api Ringan di Jalur Eksklusif

Disebut juga LRT II beroperasi pada lintasan eksklusif, sehingga mempunyai keunggulan daya angkut yang lebih besar antara 25 000 sampai 40 000 penumpang per jam, kecepatan perjalanan sekitar 25 sampai 100 km/jam.

2.6. Kelas Jalan Rel

Daya angkut lintas, kecepatan maksimum, beban gandar, dan ketentuan-ketentuan lain untuk setiap kelas jalan, tercantum pada **Tabel 2. 1.**

Tabel 2. 1 Kelas Jalan Rel

Kelas Jalan	Daya Angkut Lintas (ton/tahun)	V maks (km/jam)	P maks gandar (ton)	Tipe Rel	Jenis Bantalan	Jenis Penambat	Tebal Balas Atas (cm)	Lebar Bahu Balas (cm)
					Jarak antar sumbu bantalan (cm)			
I	$> 20.10^6$	120	18	R.60/R.54	Beton 60	Elastis Ganda	30	60
II	$10.10^6 - 20.10^6$	110	18	R.54/R.50	Beton/Kayu 60	Elastis Ganda	30	50
III	$5.10^6 - 10.10^6$	100	18	R.54/R.50/R.42	Beton/Kayu/Baja 60	Elastis Ganda	30	40
IV	$2.5.10^6 - 5.10^6$	90	18	R.54/R.50/R.42	Beton/Kayu/Baja 60	Elastis Ganda/Tunggal	25	40
V	$< 2.5.10^6$	80	18	R.42	Kayu/Baja 60	Elastis Tunggal	25	35

Sumber: Peraturan Menteri Perhubungan No. 60 Tahun 2012

2.7. Geometrik Jalan Rel

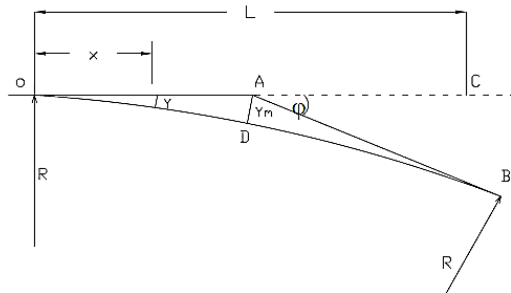
Berdasarkan karakteristik dasar dari jalan rel (kecepatan rencana serta ukuran – ukuran kereta yang melewatinya) para perancang dapat membuat geometrik jalan rel, semisal alinyemen vertikal dan alinyemen horisontal. Keduanya harus dirangkai dengan baik, teliti serta penempatan struktur dari jalan rel harus ditempatkan secara baik pula. Selain itu geometri jalan rel juga direncanakan berdasarkan dengan memperhatikan faktor keamanan, kenyamanan, ekonomi dan keserasian dengan lingkungan sekitarnya.

2.8.1. Lengkung Vertikal

Lengkung vertikal adalah proyeksi sumbu jalan rel pada bidang vertikal yang melalui sumbu jalan rel tersebut. Perencanaan alinyemen vertikal berkaitan erat dengan besarnya volume galian dan timbunan yang terjadi, oleh karena itu perencanaannya mempengaruhi biaya konstruksi. Skema lengkung vertikal sebagaimana pada **Gambar 2. 3**. Adapun elevasi muka jalan rel, sebaiknya:

1. Berada di atas elevasi permukaan tanah asli.

2. Berada di atas muka air banjir, pada daerah yang sering dilanda banjir.
3. Volume galian dan timbunan dibuat seimbang, untuk mengurangi biaya.



Gambar 2. 3 Skema Lengkung Vertikal

Dimana:

R = jari-jari lengkung vertikal

L = panjang lengkung vertikal

A = titik pertemuan antara perpanjangan kedua landai/garis lurus

OA = 0,5 L

Perhitungan lengkung peralihan vertikal dapat dipakai persamaan:

$$X_m = \frac{R}{2} \phi \quad (2.1)$$

$$Y_m = \frac{R}{8} \phi^2 \quad (2.2)$$

Besar kecepatan rencana mempengaruhi besar jari-jari minimum lengkung vertikal. Besar jari-jari minimum lengkung vertikal tercantum pada **Tabel 2. 2**.

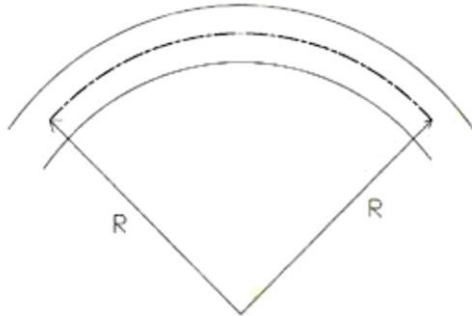
Tabel 2. 2 Jari-jari Minimum Lengkung Vertikal

Kecepatan Rencana (km/jam)	Jari-jari Minimum (m)
Lebih besar dari 100	8000
Sampai 100	6000

Sumber: Peraturan Menteri Perhubungan No. 60 Tahun 2012

2.8.2. Lengkung Horizontal

Alinyemen horizontal adalah proyeksi sumbu jalan rel pada bidang horizontal. Alinyemen horizontal terdiri dari garis lurus dan lengkungan. Skema lengkung horizontal sebagaimana terlihat pada **Gambar 2. 4**.



Gambar 2. 4 Skema Lengkung Lingkaran

Dengan satuan praktis :

$$h = \frac{11,8V^2}{R} \quad (2. 3)$$

Dimana:

R = jari-jari lengkung horizontal (m)

V = kecepatan rencana (km/jam)

H = peninggian rel dalam lengkung horizontal (maks 120 mm).

Maka,

$$R = \frac{11,8V^2}{h} \quad (2. 4)$$

a) Lengkung Peralihan (Lengkung Spiral)

Lengkung peralihan adalah suatu lengkung dengan jari – jari yang berubah beraturan. Lengkung peralihan dipakai sebagai peralihan antara bagian yang lurus dan bagian lingkaran dan sebagai peralihan antara dua jari-jari lingkaran yang berbeda. Panjang minimum dari lengkung peralihan ditetapkan dengan rumus berikut:

$$L_s = l + \frac{1}{10} \left(\frac{l}{2R} \right)^2 \quad (2. 5)$$

Dimana:

L_s = panjang minimum lengkung peralihan (m)

l = panjang proyeksi lengkung peralihan (m)

R = jari-jari lengkung horizontal (m)

b) Sudut Spiral

Sudut spiral adalah sudut yang dibentuk pada titik SC dan CS.

$$\theta_s = \frac{90L_s}{\pi R} \quad (2.6)$$

Dimana:

L_s = panjang lengkung peralihan (m)

R = jari-jari lengkung horizontal (m)

c) Panjang Busur Lingkaran

Panjang busur lingkaran adalah panjang lengkung titik SC dan CS.

$$L_c = \frac{(\Delta - 2\theta_s)\pi R}{180} \quad (2.7)$$

Dimana:

R = jari-jari lengkung horizontal (m)

θ_s = sudut spiral yang dibentuk

Δ = sudut tikungan

d) Panjang Proyeksi Titik P

Titik P adalah panjang proyeksi antara garis bantu PI tegak lurus terhadap pusat lingkaran.

$$P = \frac{L_s^2}{6R} - R(1 - \cos\theta_s) \quad (2.8)$$

Dimana:

L_s = panjang lengkung peralihan (m)

R = jari-jari lengkung horizontal (m)

θ_s = sudut spiral yang dibentuk

e) Panjang K

K adalah panjang proyeksi datar antara titik TS dengan SC.

$$k = L_s - \frac{L_s^3}{40R^2} - R \sin\theta_s \quad (2.9)$$

Dimana:

L_s = panjang lengkung peralihan (m)

R = jari-jari lengkung horizontal (m)

θ_s = sudut spiral yang dibentuk

f) Panjang Ts

Panjang Ts adalah panjang dari titik TS ke titik PI.

$$Ts = (R + P) \operatorname{tg} \left(\frac{1}{2} \Delta \right) + k \quad (2.10)$$

Dimana:

R = jari-jari lengkung horizontal (m)

P = panjang proyeksi garis bantu PI (m)

k = panjang antara titik TS dengan SC (m)

Δ = sudut tikungan

g) Panjang Titik E

Panjang titik E adalah titik yang menghubungkan PI ke pusat lingkaran.

$$E = \frac{(R+P)}{\cos\left(\frac{1}{2}\Delta\right)} - R \quad (2.11)$$

Dimana:

R = jari-jari lengkung horizontal (m)

P = panjang proyeksi garis bantu PI (m)

Δ = sudut tikungan

h) Panjang Xs dan Ys

Merupakan koordinat peralihan dari circle ke spiral.

$$Ys = \frac{Ls^2}{6R} \quad (2.12)$$

$$Xs = \frac{hV}{144} \quad (2.13)$$

Dimana:

R = jari-jari lengkung horizontal (m)

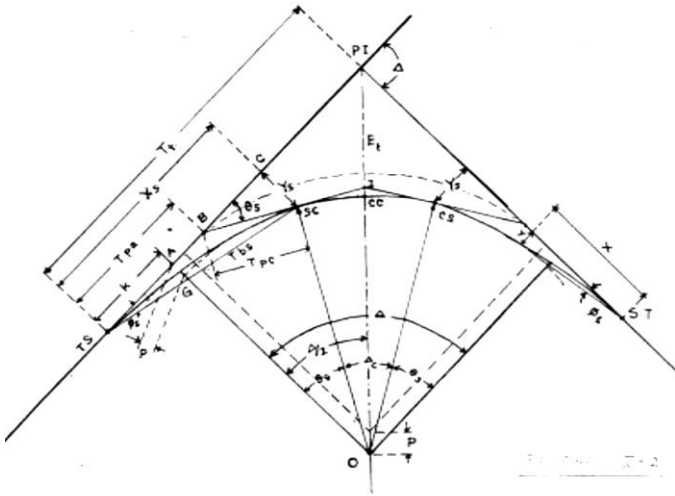
Ls = panjang peralihan (m)

h = peninggian rel (m)

V = kecepatan rencana (km/jam)

- **Lengkung Spiral-Circle-Spiral (S-C-S)**

Sedangkan untuk skema lengkung Spiral – Circle – Spiral seperti pada **Gambar 2.5**.



Gambar 2. 5 Skema Lengkung Lingkaran Spiral – Circle – Spiral
Dimana :

- X_s = Jarak dari titik ST ke SC
- Y_s = Jarak tegak lurus ketitik SC pada lengkung
- L_s = Panjang dari titik TS ke SC atau CS ke ST
- L_c = Panjang busur lingkaran (panjang dari titik SC ke CS)
- T_s = Panjang tangen dari titik PI ke titik TS atau ke titik ST
- TS = Titik dari tangen ke spiral
- SC = Titik dari spiral ke lingkaran
- E_s = Jarak dari PI ke busur lingkaran
- θ_s = Sudut lengkung spiral
- R_r = Jari-jari lingkaran
- p = Pergeseran tangen terhadap spiral
- k = Absis dari p pada garis tangen spiral

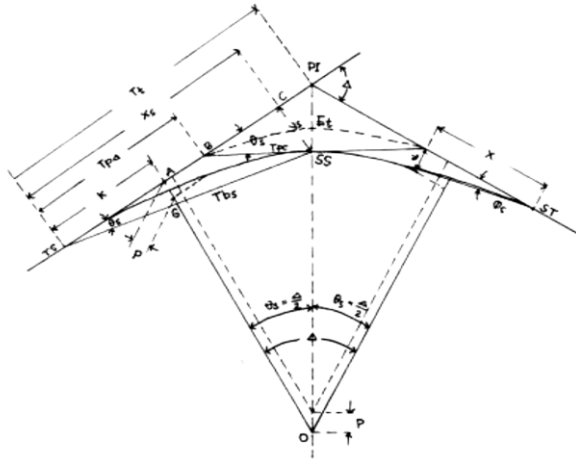
Untuk lebih jelas mengenai proses perhitungan dalam pengerjaan alinyemen horisontal dengan jenis lengkung S-C-S ini dapat dilihat sebagaimana dijelaskan pada diagram alir pada **Gambar 2. 6**.



Gambar 2. 6 Diagram Alir Perencanaan Lengkung S – C – S

- **Tikungan Spiral-Spiral (S-S)**

Tikungan Spiral-Spiral (S-S) merupakan tikungan yang disertai lengkung peralihan. Skema dari lengkung S – S ini bisa dilihat pada **Gambar 2.7**.



Gambar 2. 7 Skema Lengkung Lingkaran Spiral-Spiral

Untuk bentuk spiral-spiral berlaku rumus sebagai berikut:

$$L_c = 0 \quad (2.14)$$

$$\theta_s = \frac{1}{2}\Delta \quad (2.15)$$

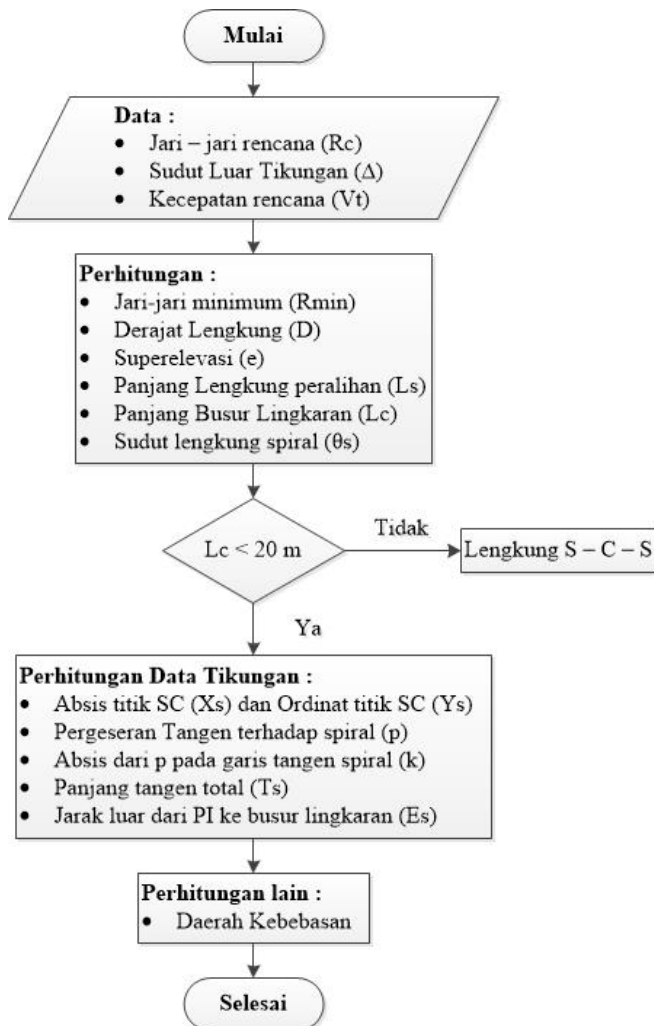
$$L_{tot} = 2 L_s \quad (2.16)$$

Untuk menentukan θ_s rumus sama dengan lengkung peralihan.

$$L_s = \frac{\theta_s \times \pi \times R_c}{90} \quad (2.17)$$

p , k , T_s , dan E_s rumus sama dengan lengkung peralihan.

Untuk lebih jelas mengenai proses perhitungan dalam pengerjaan alinyemen horisontal dengan jenis lengkung S-S ini dapat dilihat sebagaimana dijelaskan pada diagram alir pada **Gambar 2. 8**.



Gambar 2. 8 Diagram Alir Perencanaan Lengkung S – S

2.8.3. Pelebaran Sepur

Pelebaran sepur dilakukan agar roda kereta api dapat melewati lengkung tanpa mengalami hambatan. Besar pelebaran sepur untuk berbagai jari-jari tikungan tercantum pada **Tabel 2. 3**.

Tabel 2. 3 Pelebaran Sepur

Jari-jari tikungan (m)	Pelebaran (mm)
$R > 600$	0
$550 < R > 600$	5
$400 < R > 600$	10
$350 < R > 400$	15
$100 < R > 500$	20

Sumber: Peraturan Menteri Perhubungan No. 60 Tahun 2012

Pelebaran sepur maksimal yang diijinkan adalah 20 mm. Pelebaran sepur dicapai dan dihilangkan secara berangsur-angsur sepanjang lengkung peralihan.

2.8. Bantalan (*Sleepers*)

Bantalan rel merupakan landasan tempat rel bertumpu yang diikat dengan penambat rel. Fungsi dari bantalan yaitu sebagai pengikat rel, mendistribusikan beban ke ballas, stabilitas kedudukan rel pada ballas.

Bantalan dapat berupa kayu, baja, dan beton. Saat ini bantalan beton mulai banyak digunakan menggantikan bantalan kayu dan baja. Tetapi, bantalan kayu masih banyak digunakan pada konstruksi jembatan, karena bahannya yang ringan, sehingga dapat mengurangi beban jembatan itu sendiri.

2.9.1. Jenis – Jenis Bantalan

a. Bantalan Kayu

Pada jalan yang lurus, bantalan kayu mempunyai ukuran:

- Panjang : $L = 2.000 \text{ mm}$
- Tinggi : $t = 130 \text{ mm}$
- Lebar : $b = 220 \text{ mm}$

Mutu kayu yang digunakan untuk bantalan kayu, harus memenuhi ketentuan Peraturan Bahan Jalan Rel Indonesia (PBJRI). Bantalan kayu pada bagian tengah maupun bagian bawah rel, harus mampu menahan momen maksimum seperti pada **Tabel 2.4**:

Tabel 2. 4 Momen Maksimum Bantalan Kayu

Kelas Kayu	Momen Maksimum (kg-m)
I	800
II	530

b. Bantalan Baja

Pada jalan yang lurus, bantalan baja mempunyai ukuran:

- Panjang : $L = 2.000 \text{ mm}$
- Tinggi : $t = 144 \text{ mm}$
- Lebar : $b = 232 \text{ mm}$
- Tebal baja : minimal 7 mm

Mutu baja yang dipakai untuk bantalan baja, harus memenuhi ketentuan Peraturan Bahan Jalan Rel Indonesia (PBJRI). Bantalan baja pada bagian tengah bantalan maupun pada bagian bawah rel, harus mampu menahan momen sebesar 650 kg-m.

c. Bantalan Beton Tunggal dengan Proses *Pretension*

Pada jalur lurus, bantalan beton pratekan dengan proses *pretension* mempunyai ukuran panjang:

$$L = l + 2\alpha\phi \quad (2.18)$$

Dimana:

- l = jarak antara kedua sumbu vertikal rel (mm)
- α = 80 sampai 160
- ϕ = diameter kabel baja prategang (mm)

Mutu campuran beton harus mempunyai kuat tekan karakteristik tidak kurang dari 500 kg/cm^2 , mutu baja untuk tulangan geser tidak kurang dari U-21 dan mutu baja prategang ditetapkan dengan tegangan putus minimum sebesar 17.000 kg/cm^2 . Bantalan beton pratekan dengan proses *pretension* harus mampu memikul momen minimum seperti pada **Tabel 2.5**:

Tabel 2. 5 Momen Maksimum Bantalan Kayu Beton Tunggal dengan Proses *Pretention*

Bagian	Momen Maksimum (kg-m)
Bawah rel	+ 1500
Tengah Bantalan	- 765

d. Bantalan Beton Pratekan Blok Tunggal dengan Proses *Posttension*

Pada jalur lurus, bantalan beton pratekan dengan proses *posttension* mempunyai ukuran panjang:

$$L = l + 2\gamma \quad (2. 19)$$

Dimana:

l = jarak antara kedua sumbu vertikal rel (mm)

γ = panjang daerah regularisasi tegangan, yang tergantung jenis angker yang dipakai

Mutu campuran beton harus mempunyai kuat tekan karakteristik tidak kurang dari 500 kg/cm², mutu baja untuk tulangan lentur tidak kurang dari U-24 dan mutu baja prategang ditetapkan dengan tegangan putus minimum sebesar 17.000 kg/cm². Bantalan beton pratekan dengan proses *pretension* harus mampu memikul momen minimum seperti pada **Tabel 2.6**:

Tabel 2. 6 Momen Maksimum bantalan Kayu Beton Tunggal dengan Proses *Posttention*

Bagian	Momen Maksimum (kg-m)
Bawah rel	+ 1500
Tengah Bantalan	- 765

e. Bantalan Beton Beton Blok Ganda

Pada jalan yang lurus, satu buah bantalan beton blok ganda mempunyai ukuran:

- Panjang : L = 700 mm
- Tinggi : t = 300 mm
- Lebar : b = 200 mm

Mutu campuran beton harus mempunyai kuat tekan karakteristik tidak kurang dari 385 kg/cm², mutu baja untuk

tulangan geser tidak kurang dari U-32 dan mutu baja untuk batang penghubung, tidak kurang dari U-32.

2.9. Penambat

Penambat rel merupakan sebuah komponen jalan rel yang berfungsi untuk mengikatkan rel pada bantalan sehingga kedudukan rel tetap kokoh dan tidak bergeser. Pada suatu konstruksi penambat rel yang sempurna diperlukan adanya:

- a. Kekuatan penjepitan (*vertical clamping forces*)
- b. Kekuatan puntiran (*torsion resistance*)
- c. Kemampuan menghadapi perambatan (*rail creep resistance*)

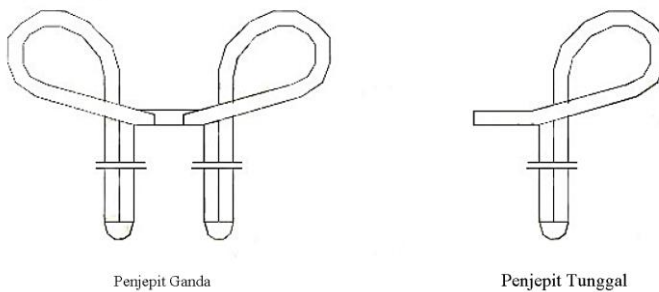
Jenis penambat yang dipergunakan adalah penambat elastik dan penambat kaku. Penambat kaku terdiri atas tirpon, maur dan baut. Penambat elastik terdiri atas dua jenis, yaitu penambat elastik tunggal dan penambat elastik ganda.

Penambat elastis memiliki 2 macam sistem antara lain penambat elastik tunggal terdiri dari pelat andas, pelat, atau batang jepit elastik, tirpon, maur, dan baut dan Penambat elastik ganda terdiri dari pelat andas, pelat atau batang jepit elastik, alas rel, tirpon, maur dan baut. Pada bantalan beton, tidak diperlukan pelat andas, tetapi dalam hal ini tebal karet alas (*rubber pad*) rel harus disesuaikan dengan kecepatan maksimum.

• Penggunaan penambat

Penambat kaku tidak boleh dipakai untuk semua kelas jalan rel. penambat elastik tunggal hanya boleh dipergunakan pada jalan kelas 4 dan kelas 5, sedangkan penambat elastik ganda dapat dipergunakan pada semua kelas jalan rel, tetapi tidak dianjurkan untuk jalan rel kelas 5. Berikut ini beberapa macam contoh penambat elastik :

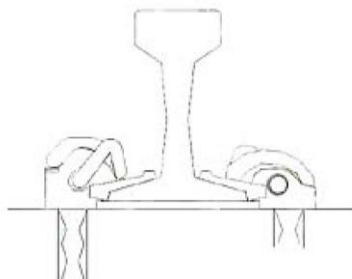
a. **Dorken**



Gambar 2. 9 Penambat Elastik Dolken

Sumber : Peraturan Dinas PJKA,1986

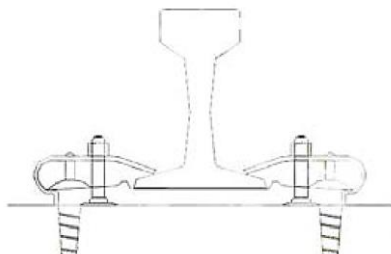
b. **Pandrol**



Gambar 2. 10 Penambat Elastik Pandrol

Sumber : Peraturan Dinas PJKA,1986

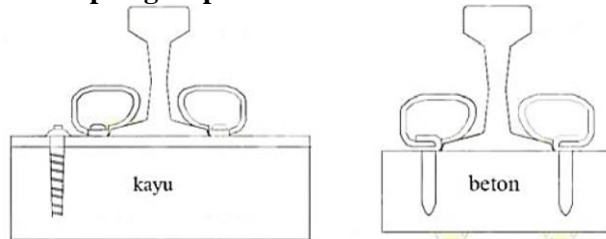
c. **Tipe F**



Gambar 2. 11 Penambat Elastik Type F

Sumber : Peraturan Dinas PJKA,1986

d. D.E Spring Clip



Gambar 2. 12 D.E Spring Clip Pada Bantalan Kayu Dan Beton
Sumber : Peraturan Dinas PJKA,1986

2.10. Pengelasan Rel

Rel panjang dibuat dari beberapa rel pendek yang dihubungkan dengan las di lapangan. Pengelasan dilakukan dengan cara las termit. Las termit adalah penyambungan/las antara dua batang rel melalui suatu reaksi kimia dengan menggunakan termit (besioksida dengan bubuk aluminium). Berikut ini disajikan penentuan panjang dilatasi muai menurut Peraturan Dinas no.10 ditentukan dengan persamaan berikut :

$$\Delta L = L \times \alpha \times \Delta T \quad (2.22)$$

Dimana:

ΔL = celah pada sambungan rel (mm), maksimum 10 mm

L = panjang rel (L)

A = koefisien muai rel (mm/°C)

ΔT = perubahan suhu (°C)

Gaya yang terjadi pada rel menurut hukum Hooke adalah:

$$F = \frac{\Delta L \times E \times A}{L} \quad (2.23)$$

Dimana:

F = gaya yang timbul akibat pemuaian.

E = modulus Young

S = luas penampang

A = koefisien muai rel

ΔT = perubahan suhu

Setelah disubstitusikan:

$$F = E \times S \times \alpha \times \Delta T \quad (2.24)$$

Panjang l dapat dihitung dengan persamaan:

$$L = \frac{F}{r} = \frac{\Delta L \times E \times A}{L} \quad (2. 25)$$

2.11. Balas (Ballast)

Balas merupakan material granular yang terdiri dari batu pecah homogen, padat, keras dan mempunyai kapasitas pendukung yang baik dan diletakkan pada bagian bawah di sekeliling bantalan.

- Fungsi dari balas yaitu;
 1. Meneruskan dan menyebarkan beban kereta api melalui bantalan ke tanah dasar.
 2. Meningkatkan elastisitas lintasan kereta api.
 3. Sebagai sarana drainase dengan meloloskan air agar tidak terjadi genangan pada daerah di sekitar rel kereta api.
 4. Menambah tingkat kenyamanan penumpang dalam mengendarai kereta.
- Tipe – tipe dari balas yaitu:
 1. *Crushed stone* (batu pecah)
 2. *Gravel* (kerikil)
 3. *Sand* (pasir)
 4. *Coal ash* (batu bara)
 5. *Brick* (batu bata)

Dari semua bahan-bahan tersebut diatas, bahan terbaik yang umumnya digunakan adalah *Crushed stone* (batu pecah).

- Persyaratan balas yang baik adalah : (dalam Teguh , 2013)
 1. Material batuan harus keras, tidak mudah rapuh dan pecah ketika terkena beban-beban serta tahan terhadap pengaruh cuaca.
 2. Tidak menimbulkan reaksi kimia pada rel.
 3. Bentuk material harus tajam dan homogen.
 4. Butiran batuan tidak menyerap air.
 5. Ukuran butiran harus disesuaikan dengan bantalan-bantalan yang digunakan.
 6. Murah dalam *maintenance cost* dan *initial cost*.
 7. Mudah didapat dan tersedia dalam jumlah yang memadai.
- Karakteristik material balas :

1. *Los angeles abrasion test* $\leq 25\%$
2. *Simple compression resistance* $\geq 700 \text{ kg/cm}^2$
3. *Dry bulk specific gravity* $\geq 2,72$
4. Bentuk batuan harus berbidang banyak dan dengan sudut – sudut yang tajam $\geq \text{arc tg } 1,4$
5. Material harus bebas dari debu
6. *Grading limits* seperti pada **Tabel 2. 7.**

Tabel 2. 7 Grading Limits

Diameter saringan (mm)	% tertinggal (%)
80	0
63	0
50	0-10
40	26-60
25	90-100
16	98-100

Sumber :Dodik Teguh, 2013

Untuk bantalan kayu dan beton digunakan saringan dengan ukuran 50 mm.

4.1. Tegangan dan Tebal Balas

Lapisan balas terdiri atas:

a. Lapisan Balas Atas

Lapisan balas atas terdiri dari batu pecah yang keras bersudut sudut tajam (“angular”) dengan salah satu ukurannya antara 2-6 cm. Lapisan ini harus dapat meneruskan air dengan baik. Tebal balas atas dirumuskan dengan,

- Menurut Teguh (2013)

$$D_b = \frac{S-w}{2} \quad (2. 26)$$

Dimana:

D_b = tebal balas minimum

S = jarak antar bantalan

W = lebar bantalan

- *British regulation*

Menurut british regulation tebal balasdapat diperoleh dari **Tabel 2.8**,

Tabel 2. 8 Tebal Balas

Line speed (km/h)	Yearly line tonnage (million tons)	Ballast thickness (m)
160-200	All	0,38
120-160	> 12 million	0,38
120-160	2-12 million	0,3
120-160	< 2 million	0,23
80-120	> 12 million	0,3
80-20	< 12 million	0,23
<80	> 2 million	0,23
<80	< 2 million (concrete sleepers)	0,2
<80	< 2 million (timber sleepers)	0,15

Sumber :Dodik Teguh, 2013

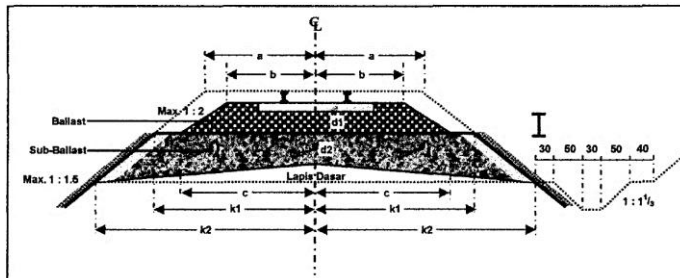
Untuk kecepatan rencana 160 km/jam maka diperoleh tebal balas minimum adalah 0,38 m = 38 cm.

b. Lapisan Balas Bawah

Lapisan balas bawah terdiri dari kerikil halus, kerikil sedang atau pasir kasar yang memenuhi persyaratan. Lapisan ini berfungsi sebagai lapisan penyaring (*filter*) antara tanah dasar dan lapisan balas atas serta harus dapat mengalirkan air dengan baik. Tebal minimum balas bawah adalah 15 cm.

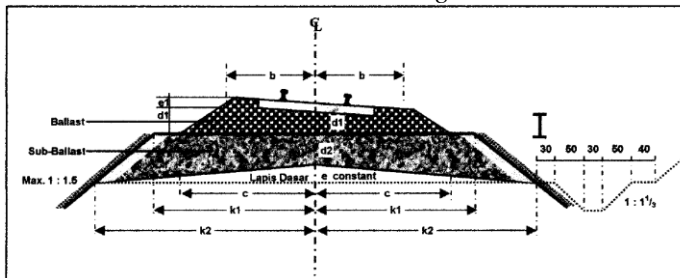
2.12. Struktur Badan Jalan Rel

Badan jalan rel harus mampu memikul beban kereta api dan stabil terhadap bahaya longsor. Sehingga telah disepakati standar spesifikasi badan jalan rel seperti **Gambar 2. 15**, **Gambar 2. 16** dan **Tabel 2. 9**.



Gambar 2. 13 Penampang Melintang Jalan Rel pada Bagian Lurus

Sumber: Peraturan Menteri Perhubungan No. 60 Tahun 2012



Gambar 2. 14 Penampang Melintang Jalan Rel pada Lengkungan

Sumber: Peraturan Menteri Perhubungan No. 60 Tahun 2012

Tabel 2. 9 Tabel Penampang Melintang Jalan Rel

Kelas Jalan	Vmaks (km/jam)	d1 (cm)	b (cm)	C (cm)	k1 (cm)	d2 (cm)	e (cm)	k2 (cm)
I	120	30	150	235	265	15-50	25	375
II	110	30	150	235	265	15-50	25	375
III	100	30	140	225	240	15-50	22	325
IV	90	25	140	215	240	15-35	20	300
V	80	25	135	210	240	15-35	20	300

Sumber: Peraturan Menteri Perhubungan No. 60 Tahun 2012

2.13. Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Untuk menentukan besarnya biaya yang diperlukan terlebih dahulu harus diketahui volume dari pekerjaan yang direncanakan. Pada umumnya pembuat jalan tidak lepas dari masalah galian maupun timbunan. Besarnya galian dan timbunan

yang akan dibuat dapat dilihat pada gambar *long profile*. Sedangkan volume galian dapat dilihat melalui gambar *Cross Section*. Selain mencari volume galian dan timbunan juga diperlukan untuk mencari volume dari pekerjaan lainnya yaitu:

2.13.1. Volume Pekerjaan

1. Pekerjaan Persiapan
 - Peninjauan lokasi
 - Pengukuran dan pemasangan patok
 - Pembersihan lokasi dan persiapan alat dan bahan untuk pekerjaan
 - Pembuatan bouwplank
2. Pekerjaan Tanah
 - Galian tanah
 - Timbunan tanah
3. Pekerjaan Struktur Jalan Rel
 - Pekerjaan rel
 - Pekerjaan bantalan
 - Pekerjaan balas
 - Pemasangan penambat
4. Pekerjaan Drainase
 - Galian saluran
 - Pembuatan talud
5. Pekerjaan Pelengkap
 - Pemasangan rambu-rambu
 - Pengecatan marka jalan
 - Penerangan

2.13.2. Analisa Harga Satuan

Harga satuan pokok pekerjaan adalah harga untuk setiap pekerjaan yang terdiri dari beberapa komponen dengan nilai koefisien yang berdasarkan perhitungan Standar Biaya di Lingkungan Kementerian Perhubungan Tahun 2014 dengan

penentuan besaran nilai koefisien disesuaikan dengan metode pelaksanaan yang akan diterapkan.

Standar biaya ini digunakan dalam rangka untuk penyusunan tugas akhir untuk menentukan perkiraan harga bangunan tiap satuan volume, sehingga penentuan koefisien dalam standar biaya ini tidak bersifat mutlak dan tidak menjadi acuan utama dalam pembuatan *Owner Estimate* (EE) karena disusun atas dasar digunakannya sebagai bahan pertimbangan dalam sebuah dokumen penawaran.

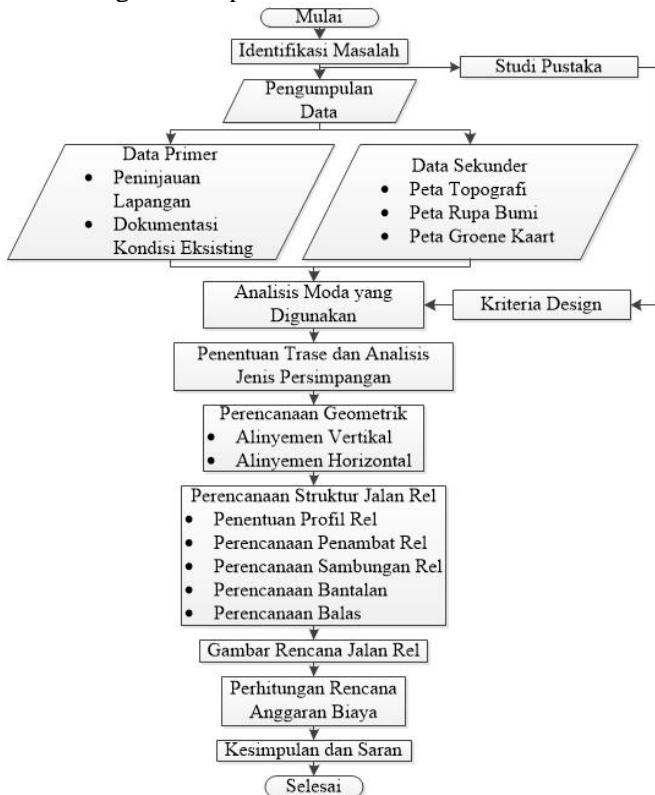
Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB III METODOLOGI

Pada bab ini akan dibahas mengenai metode yang digunakan penulis dalam penyusunan tugas akhir ini. Berikut adalah penjelasan mengenai metode pelaksanaan tugas akhir ini.

3.1. Diagram Alir Pengerjaan Tugas Akhir

Diagram alir adalah tata urutan perencanaan dari awal proses sampai akhir. Berikut dijelaskan mengenai diagram alir penyusunan tugas akhir pada **Gambar 3.1**.



Gambar 3. 1 Diagram Alir Metodologi Pekerjaan Tugas Akhir

3.2. Langkah – Langkah Perencanaan

Untuk memperjelas metodologi yang digunakan penulis dalam penyelesaian tugas akhir ini, penulis mencoba menjelaskan detail pengerjaan tugas akhir ini sebagaimana berikut:

3.2.1 Identifikasi Masalah

Pada tahap ini dilakukan perumusan masalah yang ada pada kondisi saat ini dan perencanaan untuk menyelesaikan permasalahan tersebut.

3.2.2 Studi Pustaka

Dalam mempelajari berbagai sumber informasi mengenai kereta api dibutuhkan beberapa literatur yang dapat menunjang penyelesaian tugas akhir ini. Beberapa sumber tersebut meliputi:

- a. Peraturan Menteri Perhubungan No. PM 43/2011 tentang Rencana Induk Perkeretaapian Nasional.
- b. UU No. 23 Tahun 2007 Tentang Perkeretaapian.
- c. Peraturan Pemerintah No.56 Tahun 2009 tentang Penyelenggaraan Kereta Api.
- d. Peraturan Menteri No. 11 Tahun 2012 Tentang Tata Cara Penetapan Trase Jalur Kereta Api.
- e. Peraturan Menteri Perhubungan No. 60 Tahun 2012 Tentang Persyaratan Teknis Jalur Kereta Api.
- f. Modul ajar Geometrik Jalan Raya dan Rel Jurusan Teknik Sipil FTSP – ITS.
- g. Peraturan Menteri Perhubungan No. 78 Tahun 2014 tentang Standar Biaya Tahun 2015 di Lingkungan Kementerian Perhubungan.

Dari studi pustaka ini didapatkan kriteria desain yang nantinya akan digunakan dalam pengolahan data.

3.2.3 Pengumpulan Data

Melakukan pengumpulan data – data yang diperlukan untuk penyusunan Tugas Akhir. Data – data yang dibutuhkan serta kegunaannya pada **Tabel 3.1**:

Tabel 3. 1 Jenis dan Fungsi Data

Jenis Data	Fungsi data
Jumlah perpindahan orang dari Semarang – Demak atau sebaliknya.	Penentuan moda kereta api
Kondisi dan ruang bebas trase yang pernah ada.	Dasar evaluasi trase yang pernah ada.
Peta <i>Grond kaart</i> .	Mengetahui tanah milik PT. KAI sebagai acuan penentuan trase.
Peta rupa bumi Semarang dan Demak.	Mengetahui tata guna lahan guna merencanakan alternatif trase baru.
Peta topografi Semarang dan Demak.	Mengetahui tinggi elevasi permukaan tanah sebagai dasar perencanaan geometrik jalan rel.
Data jenis moda terpilih.	Digunakan untuk penentuan kelas jalan kereta api
Brosur rel dan bantalan.	Untuk mengetahui jenis bantalan dan rel yang digunakan serta kekuatan materialnya.
PM. 78 tahun 2014 (Standart biaya kementerian perhubungan 2015).	Sebagai dasar acuan dalam perhitungan rencana anggaran biaya pelaksanaan proyek

3.2.4 Analisis Moda yang Digunakan

Moda yang akan digunakan nantinya akan dipilih berdasarkan jumlah perpindahan orang dari Semarang – Demak atau sebaliknya yang didapat melalui *counting* kendaraan searah pada perbatasan daerah tersebut. Pada perencanaan ini pilihan moda yang digunakan adalah *Heavy Rail* atau *Light Rail Transit*.

3.2.5 Perencanaan Trase

Pada tahap ini, dilakukan evaluasi dari trase yang pernah ada apakah trase tersebut masih layak untuk di aktifkan atau tidak. Dasar evaluasi adalah survey lapangan untuk mengetahui kondisi trase yang pernah ada kemudian didapat data ruang bebas pada trase tersebut. Jika tidak layak maka di lakukan pemilihan trase yang baru.

3.2.5 Perencanaan Geometri Jalan Rel

Perhitungan geometri yang digunakan dalam perencanaan jalan rel ini meliputi :

1. Alinyemen vertikal
2. Alinyemen horisontal
 - Lengkung lingkaran
 - Lengkung peralihan
 - Pelebaran sepur
 - Peninggian rel

3.2.6 Perencanaan Struktur Jalan Rel

Dalam perencanaan struktur jalan rel, jenis pekerjaan yang perlu direncanakan antara lain :

1. Profil Rel

Dalam penentuan profil rel merujuk pada kelas jalan rel yang digunakan sesuai dengan PM No. 60 Tahun 2012.

2. Penambat Rel

Dalam penentuan penambat merujuk pada kelas jalan rel yang digunakan sesuai dengan PM No. 60 Tahun 2012.

3. Sambungan Rel

Dalam perencanaan sambungan rel, hal yang perlu diperhatikan ialah pemilihan jenis sambungan, penempatan posisi sambungan serta perhitungan baut penyambungannya.

4. Bantalan

Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam perencanaan bantalan rel adalah meliputi pemilihan type bantalan yang digunakan, perhitungan momen yang bekerja dibandingkan dengan kemampuan bahan sertapenentuan jarak antar bantalan.

5. Balas

Perencanaan balas harus direncanakan bentuk dan ukurannya sesuai dengan persyaratan, perhitungan tebal lapisan serta pemilihan jenis material yang digunakan harus sesuai dengan persyaratan.

3.2.7 Perhitungan Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Dalam penyusunan rencana anggaran biaya pelaksanaan pembangunan digunakan langkah-langkah sebagaimana berikut :

1. Perincian jenis pekerjaan (*work breakdown structure*).
2. Perhitungan volume pekerjaan.
3. Rekapitulasi rencana anggaran biaya.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB IV

PEMILIHAN MODA DAN EVALUASI TRASE

Pada bab ini akan dijelaskan mulai dari moda apa yang akan digunakan kemudian dilakukan pemilihan trase jalur kereta api lintas Semarang – Demak.

4.1. Analisis Pemilihan Moda yang Digunakan

Menurut sejarahnya jalur kereta api lintas Semarang – Demak ini merupakan jalur percabangan dari Stasiun Tawang. Dahulu moda yang digunakan pada jalur ini adalah lokomotif uap PT KAI dengan seri B27 yang mempunyai kecepatan maksimum 45 km/jam.

Sedangkan penentuan moda pada tugas akhir ini didasarkan pada hasil survey lapangan perhitungan jumlah perpindahan orang dari Kota Semarang ke Demak atau sebaliknya. Survey dilakukan pada tanggal 7 Maret 2016 di desa Sayung tepatnya Jalan Pengapon perbatasan Semarang dengan Demak pada saat *peak hour* yaitu pukul 8.00 dan 16.00 juga pada saat jam normal yaitu pukul 12.00. Survey dilakukan pada jalur satu arah saja karena keterbatasan tenaga survey. Hasil survey terdapat pada **Tabel 4.1.**

Tabel 4. 1 Hasil Survey Perhitungan Kendaraan.

Jam	Motor (2 penumpang)		Mobil (4 penumpang)		Bus (40 penumpang)		Jumlah (orang/jam)
	Kendaraan	Orang	Kendaraan	Orang	Kendaraan	Orang	
8.00 – 9.00	1964	3928	639	2556	43	1720	8185
12.00 – 13.00	1316	2632	512	2042	50	2000	6694
16.00 – 17.00	1937	3874	607	2428	36	1440	7745
Rata – rata	1740	3480	586	2343	43	1720	7542

Dari hasil survey didapat hasil jumlah perpindahan orang antara *peak hour* dan jam normal tersebut tidak terlalu jauh. Sehingga dapat disimpulkan bahwa hasil perpindahan orang adalah rata – rata dari ketiga waktu tersebut sejumlah 7542 orang per jam per arah.

Jumlah orang yang beralih menjadi pengguna moda kereta api diperkirakan sejumlah paling banyak 20% dari jumlah

perpindahan orang dari Semarang – Demak atau sebaliknya. Didapat pengguna moda kereta api sejumlah 1509 penumpang per jam per arah. Sehingga moda yang tepat adalah jenis *Light Rail Transit (LRT)* pada jalur eksekutif. Dipilih Kereta Rel Listrik INKA i9000 (KRL KfW) dengan tampilan dan spesifikasi pada **Gambar 4.1** dan **Tabel 4.2**.



Gambar 4. 1 Kereta Rel Listrik INKA i9000
(KRL KfW)

Tabel 4. 2 Data Kereta Rel Listrik INKA i9000
(KRL KfW)

Perusahaan yang memproduksi	PT INKA bombardier transportation
Jenis Kereta	<i>Light Rail Transit jalur eksekutif</i>
Tahun Pembuatan	2011
Formasi	4 kereta per set
Kapasitas	630 penumpang (rata-rata) 60 duduk 150-200 berdiri pergerbong
Data Teknis	
Panjang Gerbong	TC 20,000 mm
	MC 20,000 mm

Lebar kereta	2,990 mm
Tinggi kereta dari rail(max)	3,820 mm
Tinggi lantai kereta dari rel	1,100 mm
Jarak antar bogie	14,000 mm
Jarak roda (max)	2,200 mm
Lebar sepur	1067 mm
Tinggi coupler dari permukaan rel	775 + 10mm/-0 mm (at empty)
Beban gandar	14 Ton
Kecepatan Maksimum	100 km/jam
Akselerasi	$v = 0 \text{ km/h to approx. } 40 \text{ km/h} : 0.8 \text{ m/s}^2$
Pantographs	
Rated voltage minimum	1.500 V D.C.
Rated current minimum	1.500 A
Traction Motor	
Type	MJA.280-3
Standard	IEC 349-2, 2002
Self ventilated (according to IEC 34-6)	IEC 01

Sumber: PT. INKA

Dari data di atas di dapat rata – rata penumpang satu set kereta api adalah 628 orang. Maka dari data tersebut bisa didapatkan *headway* dengan perhitungan sebagai berikut:

$$\text{Jumlah Kereta} = \frac{\text{Kebutuhan Penumpang} \left(\frac{\text{orang}}{\text{jam}} \right)}{\text{Kapasitas Kereta} \left(\frac{\text{orang}}{\text{set kereta}} \right)}$$

$$\text{Jumlah Kereta} = \frac{1509 \left(\frac{\text{orang}}{\text{jam}} \right)}{628 \left(\frac{\text{orang}}{\text{set kereta}} \right)} = 2,40 \approx 3 \text{ set kereta jam}$$

$$\begin{aligned}\text{Headway} &= \frac{\text{Waktu (60 menit)}}{\text{Jumlah kereta}} \\ \text{Headway} &= \frac{60 \text{ menit}}{3 \text{ kereta}} = 20 \text{ menit}\end{aligned}$$

Dari perhitungan di atas *headway* kereta pada jalur ini dibuat 20 menit maka untuk 1 jam bisa ada 3 set kereta api dengan 1512 penumpang perjam. Sehingga kapasitas angkutan kereta api dapat memenuhi kebutuhan angkutan masyarakat Semarang dan Demak.

4.2. Pemilihan Trase

Dalam sub-bab ini akan dibahas mengenai kondisi trase jalan kereta api lintas Semarang – Demak. Penulis akan menyajikan tabulasi data kondisi beserta beberapa dokumentasi hasil survey lapangan kondisi trase yang pernah ada saat ini. Hasil survey tersebut yang nantinya menentukan apakah trase tersebut masih layak atau tidak.

4.2.1. Evaluasi Trase Yang Pernah Ada

Kabupaten Demak memiliki trase jalan rel yang dioperasikan untuk angkutan penumpang umum yang saat ini sudah tidak beroperasi sejak tahun 1980. Trase tersebut sebagian besar sudah menjadi jalan raya.

Karena *grond kaart* tidak bisa didapatkan oleh penulis dari DAOP IV Semarang karena alasan dokumen rahasia maka penulis memutuskan untuk melakukan survey lapangan guna untuk mengetahui kondisi trase yang pernah ada. Survey dilakukan pada tanggal 14 – 15 Maret 2015 dengan menyusuri trase yang pernah ada mulai dari stasiun Tawang di kota Semarang sampai dengan bekas stasiun Demak di kota Demak. Identifikasi bukti trase yang pernah ada melalui patok – patok PT. KAI yang terdapat di sepanjang Semarang – Demak. Peta trase yang pernah ada dan lokasi survey pada **Gambar 4.2.**



Gambar 4. 2 Trase Yang pernah ada Jalur Kerata Api Lintas Semarang – Demak.

Hasil survey dibagi menjadi beberapa lokasi yang kondisi lingkungan sekitar patok – patok PT KAI yang serupa. Kemudian dilihat apakah ruang bebas pada trase yang pernah ada masih layak atau tidak. Ukuran ruang bebas sesuai data dimensi moda kereta yaitu lebar 2,99 m dan tinggi 3,82 m. Hasil survey lapangan trase yang pernah ada sebagai berikut:

1. Sta 0+000 – 2+400

Pada lokasi ini trase sudah digunakan menjadi jalur arah Semarang – Purwodadi. Di sekeliling trase adalah pagar dan pemukiman penduduk Tanjungmas kota Semarang. Bagian tengah daerah ini merupakan daerah rawa bekas stasiun kemijen yang sudah tenggelam. Dokumentasi survey lapangan dan letak lokasi ini dapat dilihat pada **Gambar 4.3**.



Gambar 4. 3 Dokumentasi dan Lokasi Sta 0+000 – 2+400

Jika ingin melakukan revitalisasi pada lokasi ini maka pagar pembatas dan sebagian pemukiman penduduk harus dibongkar

dan dibuat jalur baru di sebelah jalur kereta api Semarang – Purwodadi.

2. Sta 2+400 – 3+200

Pada lokasi ini trase yang pernah ada seluruhnya menjadi jalan paving yang menjadi akses pemukiman padat Purwosari, Tanjungmas, Kota Semarang. Patok – patok PT. KAI tepat berada di depan bangunan rumah penduduk. Dokumentasi survey lapangan dan letak lokasi ini dapat dilihat pada **Gambar 4.4**.



Gambar 4. 4 Dokumentasi dan Lokasi Sta 2+400 – 3+200

Jika ingin melakukan revitalisasi pada lokasi ini maka jalan paving seluas kurang lebih 3 meter harus dibongkar untuk ruang bebas jalur kereta api. Tentunya jalur ini akan menutup akses rumah yang menghadap jalur kereta api.

3. Sta 3+200 – 4+700

Pada lokasi ini trase yang pernah ada menjadi Jalan Kaligawe Semarang dan trotoar. Beberapa bagian terdapat jembatan penyebrangan dan halte BRT (*Bus Rapid Transit*) Semarang. Lingkungan lokasi ini merupakan kawasan industri Muktiharjo Lor, Genuk kota Semarang. Patok – patok PT. KAI terdapat tepat di tepi trotoar dan tepi saluran drainase. Dokumentasi survey lapangan dan letak lokasi ini dapat dilihat pada **Gambar 4.5**.



Gambar 4. 5 Dokumentasi dan Lokasi Sta 3+200 – 4+700

Jika ingin melakukan revitalisasi maka trotoar 1 m, jalan raya 3 m, jembatan penyebrangan dan halte BRT harus dibongkar untuk ruang bebas jalur kereta api. Tentunya jalur kereta ini nantinya akan menutup akses pabrik – pabrik menuju jalan raya.

4. Sta 4+700 – 7+100

Pada lokasi ini terdapat lebar 2,5 m area yang kosong. Jalan Kaligawe, Genuk, Semarang di sebelahnya berupa *rigid pavement*. Lingkungan di lokasi ini berupa pemukiman dan pertokoan penduduk Genuksari, Genuk, Kota Semarang. Patok – patok PT KAI berada di tepi saluran drainase. Dokumentasi survey lapangan dan letak lokasi ini dapat dilihat pada **Gambar 4.6**.



Gambar 4. 6 Dokumentasi dan Lokasi Sta 4+700 – 7+100

Jika ingin melakukan revitalisasi maka lahan 2 m dan jalan raya 1 m harus dibongkar untuk ruang bebas jalur kereta api. Tentunya jalur kereta api ini akan menutup akses rumah dan pertokoan penduduk yang menghadap ke jalur kereta api.

5. Sta 7+100 – 9+200

Pada lokasi ini hanya ada rata – rata lebar 0,5 m lahan kosong di sebelah Jalan Pengapon, Sayung, Demak. Lingkungan lokasi ini kebanyakan berupa kawasan industri dan lahan kosong. Patok – patok PT KAI berada di sebelah jalan raya yang berjarak 0,5 m. Dokumentasi survey lapangan dan letak lokasi ini dapat dilihat pada **Gambar 4.7**.



Gambar 4. 7 Dokumentasi dan Lokasi Sta 7+100 – 9+200

Jika ingin melakukan revitalisasi maka lahan kosong lebar 0,5 m dan jalan raya 2,5 m harus di bongkar untuk ruang bebas jalur kereta api. Untuk itu jalan raya yang lebih dari satu lajur tentunya harus di ganti sehingga tidak terjadi kemacetan pada jalan raya. Akses pabrik – pabrik menuju jalan raya pada area industri tentunya juga akan terhalangi oleh jalur kereta api.

6. Sta 9+200 – 10+000

Pada lokasi ini ada lahan kosong dengan lebar 1 meter di sebelah Jalan Pengapon, Sayung, Demak. Lingkungan lokasi ini berupa pemukiman Desa Sayung Kabupaten Demak. Patok – patok PT KAI rata – rata tepat pada depan rumah penduduk. Dokumentasi survey lapangan dan letak lokasi ini dapat dilihat pada **Gambar 4.8**.



Gambar 4. 8 Dokumentasi dan Lokasi Sta 9+200 – 10+000

Jika ingin melakukan revitalisasi maka lahan kosong lebar 1 m dan 3 m jalan raya harus di bongkar untuk ruang bebas jalur kereta api. Untuk itu lebar jalan raya tentunya harus di ganti sehingga tidak terjadi kemacetan pada jalan raya. Akses rumah – rumah penduduk menuju jalan raya akan terhalangi oleh jalur kereta api.

7. Sta 10+000 – 14+300

Pada lokasi ini terdapat lahan kosong dengan lebar 1 m dari Jalan Pengapon, Sayung, Demak. Lingkungan sebagian besar area industri Sayung dan lahan kosong. Saluran drainase di tepi jalan cukup sempit sekitar 1,5 m. Patok – patok PT KAI berada di tepi saluran drainase dan 1 m dari jalan raya. Dokumentasi survey lapangan dan letak lokasi ini dapat dilihat pada **Gambar 4.9**.



Gambar 4. 9 Dokumentasi dan Lokasi Sta 10+000 – 14+300

Jika ingin melakukan revitalisasi maka lahan kosong lebar 1 m dan jalan raya 2 m harus di bongkar untuk ruang bebas jalur kereta api. Untuk itu jalan raya yang lebih dari satu lajur tentunya

harus di ganti sehingga tidak terjadi kemacetan pada jalan raya. Akses pabrik – pabrik menuju jalan raya pada area industri tentunya juga akan terhalangi oleh jalur kereta api.

8. Sta 14+300 – 18+400

Pada lokasi ini terdapat lebar 1 m area yang kosong. Jalan Pengapon, Sayung, Demak. Lingkungan di lokasi ini berupa pemukiman dan pertokoan penduduk Sayung Kota Demak. Patok – patok PT KAI berada tepat di depan bangunan rumah penduduk. Dokumentasi survey lapangan dan letak lokasi ini dapat dilihat pada **Gambar 4.10**.



Gambar 4. 10 Dokumentasi dan Lokasi Sta 14+300 – 18+400

Jika ingin melakukan revitalisasi maka lahan kosong lebar 1 m dan 2 m jalan raya harus di bongkar untuk ruang bebas jalur kereta api. Untuk itu lebar jalan raya tentunya harus di ganti sehingga tidak terjadi kemacetan pada jalan raya. Akses rumah – rumah penduduk menuju jalan raya akan terhalangi oleh jalur kereta api.

9. Sta 18+400 – 21+500

Pada lokasi ini terdapat lebar 1,5 m area yang kosong disamping Jalan Raya Buyaran, Buyaran, Demak. Lingkungan di lokasi ini berupa pemukiman penduduk dan kantor – kantor kedinasan Buyaran Kota Demak. Terdapat saluran drainase dengan lebar 1 m pada okasi ini. Patok – patok PT KAI berada 0,5 m dari saluran drainase. Dokumentasi survey lapangan dan letak lokasi ini dapat dilihat pada **Gambar 4.11**.



Gambar 4. 11 Dokumentasi dan Lokasi Sta 18+400 – 21+500

Jika ingin melakukan revitalisasi maka lahan kosong lebar 1 m dan 2 m jalan raya harus di bongkar untuk ruang bebas jalur kereta api. Untuk itu lebar jalan raya tentunya harus di ganti sehingga tidak terjadi kemacetan pada jalan raya. Akses rumah – rumah penduduk dan perkantoran menuju jalan raya akan terhalangi oleh jalur kereta api.

10. Sta 21+500 – 22+800

Pada lokasi ini terdapat lebar 1 m area yang kosong disamping Jalan Sultan Trenggono Karangrejo, Demak. Lingkungan di lokasi ini kebanyakan berupa persawahan, lahan kosong dan pemukiman di Desa Buyaran Kota Demak. Terdapat saluran drainase dengan lebar 0,5 – 0,8 m pada lokasi ini. Patok – patok PT KAI berada 0,2 m dari saluran drainase. Dokumentasi survey lapangan dan letak lokasi ini dapat dilihat pada **Gambar 4.12**.



Gambar 4. 12 Dokumentasi dan Lokasi Sta 21+500 – 22+800

Jika ingin melakukan revitalisasi maka lahan kosong lebar 1 m dan 2 m jalan raya harus di bongkar untuk ruang bebas jalur

kereta api. Atau jalur kereta api digeser ke area persawahan dan lahan kosong.

11. Sta 22+800 – 23+500

Pada lokasi ini terdapat lebar 3 m area yang kosong. Jalan Sultan Trenggono, Karangrejo, Demak. Lingkungan di lokasi ini berupa pemukiman dan pertokoan penduduk Karangrejo Kota Demak. Terdapat 1 jembatan penyebrangan yang berada tepat disebelah jalan. Patok – patok PT KAI berada tepat di depan bangunan rumah penduduk. Dokumentasi survey lapangan dan letak lokasi ini dapat dilihat pada **Gambar 4.13**.



Gambar 4. 13 Dokumentasi dan Lokasi Sta 22+800 – 23+500

Jika ingin melakukan revitalisasi maka lahan kosong lebar 3 m, dan jembatan penyebrangan harus di bongkar untuk ruang bebas jalur kereta api. Namun akses rumah – rumah, dan pertokoan penduduk menuju jalan raya akan tertutupi oleh jalur kereta api.

12. Sta 23+500 – 24+000

Pada lokasi ini menjadi jalan dengan lebar 4 m dan 0,5 m bahu jalan di pemukiman Kembangarum, Mranggen, Kecamatan Demak. Lingkungan di lokasi ini berupa perkampungan padat dan beberapa perkebunan. Dokumentasi survey lapangan dan letak lokasi ini dapat dilihat pada **Gambar 4.14**.



Gambar 4. 14 Dokumentasi dan Lokasi Sta 23+500 – 24+000

Jika ingin melakukan revitalisasi maka jalan pemukiman Kembangarum harus dihilangkan untuk ruang bebas kereta api. Dengan lebar jalan yang hanya 4 m dan langsung berhadapan dengan bangunan rumah penduduk maka jalur kereta api ini akan berbahaya bagi lingkungan sekitar dan juga menutup akses penduduk Kembangarum.

Dari hasil survey yang sudah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa trase yang pernah ada tidak layak untuk dilakukan revitalisasi karena:

- Sebagian besar trase melewati dan berdempetan dengan kawasan pemukiman dan industri sehingga jika direvitalisasi maka akan menutup akses dari kawasan tersebut.
- Keamanan rendah karena jalur kereta api berdempetan dengan jalan raya dan pemukiman yang memungkinkan rentan terjadi kecelakaan..
- Jalur kereta api sebagian besar sudah menjadi jalan raya. Jika direvitalisasi maka akan menambah kemacetan karena lebar jalan raya berkurang.

4.2.2. Pemilihan Trase Baru

Dalam pemilihan trase jalur kereta api yang baru maka harus disesuaikan dengan Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia No PM. 11 Tahun 2012 harus memuat titik –

titik koordinat, lokasi stasiun, rencana kebutuhan lahan dan skala gambar. Penulis memberikan trase yang baru seperti pada **Gambar 4.2**. Untuk detail PI di jelaskan pada **BAB V**.



Gambar 4. 15 Trase Baru Jalur Kereta Api Lintas Semarang – Demak

Dasar penulis dalam penentuan trase baru adalah melalui pertimbangan:

1. Panjang jalur sependek mungkin, disini panjang trase baru mendekati trase yang sudah ada karena lokasinya yang bedekatan.
2. Penentuan trase dibuat seminimal mungkin melintasi daerah pemukiman yang ada. Karena selain biaya yang dikeluarkan lebih tinggi jika dibandingkan dengan pembebasan lahan kosong, juga menghindari adanya konflik sosial yang muncul akibat pembangunan jalan tersebut.
3. Pembebasan lahan lebih mudah dan murah dibandingkan dengan daerah pemukiman karena sebagian besar trase melewati daerah persawahan.
4. Elevasi trase baru bervariasi sehingga volume galian dan timbunan relatif besar. Hal ini ditempuh karena pertimbangan biaya bisa tertutupi oleh pembebasan lahan.

Kriteria desain perencanaan jalur kereta api lintas Semarang – Demak yang baru sesuai PM No. 60 Tahun 2012 meliputi:

1. Lebar rel : 1067 mm
2. Sistem jalur kereta api : Single Track
3. Kecepatan maksimum desain : 60 km/jam
4. Geometri lengkung horizontal : Full Circle
5. Radius lengkung horizontal : 600 m
6. Panjang rel lurus : 20 m
7. Peninggian rel minimum : 40 mm
8. Peninggian rel maksimum : 110 mm
9. Pelebaran rel : 5 mm
10. Radius minimum lengkung vertical : 6000 m
11. Gradien maksimum : 25 ‰
12. Sudut wesel : #10
13. Tipe jalan rel : Ballast Track
14. Pemasangan sambungan rel : Sambungan melayang
15. Pengelasan rel : Las termit

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB V

PERENCANAAN GEOMETRIK DAN STRUKTUR JALAN REL

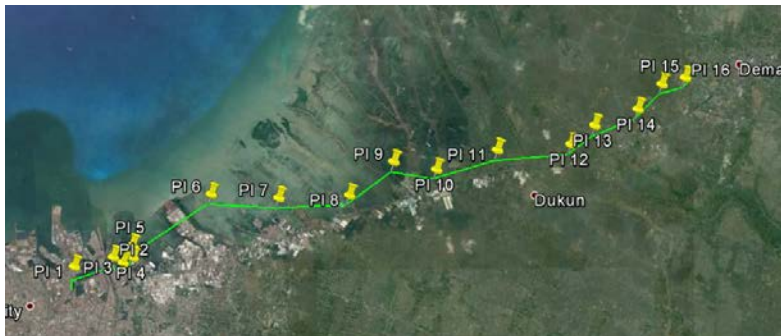
Dalam tugas akhir ini penulis melakukan sebagian besar perhitungan perencanaan menggunakan program bantu AutoCAD Civil 3D 2016. Dengan program bantu ini dalam melakukan perencanaan dapat meningkatkan kualitas pekerjaan disain, mengelola data dengan baik dan melakukan revisi dengan cepat, otomatis dan dinamis, karena semua proses berjalan saling terintegrasi.

5.1. Perencanaan Geometrik Jalan Rel

Perencanaan geometri dalam dalam tugas akhir ini dilakukan melalui tahapan sebagai berikut:

5.1.1. Penentuan Koordinat Trase

Dari trase yang sudah ditentukan pada Bab sebelumnya didapat tampak lokasi titik – titik koordinat PI seperti pada **Gambar 5.1**. Sedangkan detail koordinat lokasi titik – titik PI pada **Tabel 5.1**.



Gambar 5. 1 Tampak Lokasi Titik – titik PI Trase Baru

Tabel 5. 1 Koordinal Lokasi Titik – titik PI Trase Baru

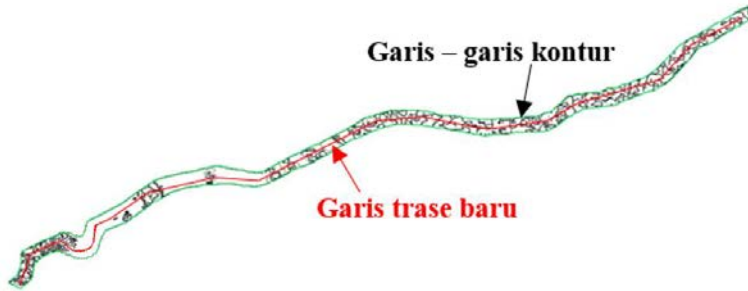
Koordinat	East	North
Titik Awal	436996.000	9230499.000
1	436991.850	9230774.710
2	438365.670	9231925.850
3	438635.790	9231082.69
4	438991.340	9231198.74
5	439013.13	9231620.20
6	441204.000	9233128.000
7	442804.000	9233379.000
8	444064.000	9233255.000
9	448180.000	9235261.000
10	451124.000	9234798.000
11	452912.000	9234958.000
12	453735.000	9235575.000
13	454758.000	9235701.540
14	456394.290	9236303.709
15	456763.000	9237204.000
16	458130.140	9237311.060
Titik Akhir	458683.000	9238334.000

Titik awal dimulai dari *spoor siding* VI Stasiun Tawang Kota Semarang. Titik – titik PI selanjutnya melewati Genuk – Sayung – Karang Tengah – Wonosalam dan titik akhir berada di bekas Stasiun Demak.

5.1.2. Pembuatan Topografi (*Surface*)

Data yang digunakan untuk diolah menjadi topografi Semarang – Demak didapat dari Google Earth dengan format ENZ (East, North, Zenit).

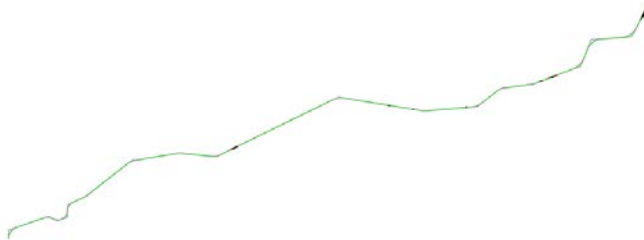
Oleh software Autocad Civil 3D data titik – titik ENZ tersebut diolah menjadi peta topografi (*surface*) seperti **Gambar 5.2.**



Gambar 5. 2 Tampilan Topografi Dalam Autocad Civil 3D

5.1.3. Alinyemen Horisontal

Sesuai kriteria desain pada bab sebelumnya dengan kecepatan maksimum 60 km/jam didapat jari – jari minimum lengkung horizontal yaitu 600 m dan lurus antara dua lengkung 20 m. Hasil perhitungan dengan Autocad Civil 3D didapat seperti **Gambar 5.3** dan **Tabel 5.2**.



Gambar 5. 3 Alinyemen Horizontal Jalur Kereta Api Semarang – Demak

Tabel 5. 2 Tabulasi Perhitungan Alinyemen Horizontal dari Autocad Civil 3D

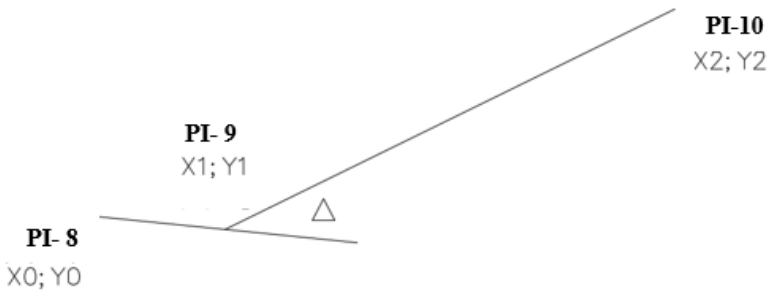
No.	PI Point	Delta Angle	Radius	Length
Awal	East 436996m North 9230499m			2.834m
1	East 436991.85m North 9230774.71m	72.2093	600m	726.794m

No.	PI Point	Delta Angle	Radius	Length
2	East 438365.67m North 9231925.85	46.7096	600m	504.116m
3	East 438635.79m North 9231082.69m	46.4544	600m	252.723m
4	East 438991.34m North 9231198.74m	69.0051	600m	251.343m
5	East 439013.13m North 9231620.2m	61.8126	600m	373.353m
6	East 441204.00m North 9233128.00m	29.0082	600m	303.773m
7	East 442804.00m North 9233379.00m	14.5361	600m	152.222m
8	East 444064.00m North 9233255.00m	31.6036	600m	330.952m
9	East 448180.00m North 9235261.00m	34.9207	600m	365.689m
10	East 451124.00m North 9234798.00m	14.0512	600m	147.143m
11	East 452912.00m North 9234958.00m	31.7452	600m	332.435m
12	East 453735.00m North 9235575.00m	29.8139	600m	312.211m
13	East 454758.96m North 9235701.54m	13.1701	600m	137.917m
14	East 456394.29m North 9236303.71m	47.5138	600m	497.563m
15	East 456763.00m North 9237204.00m	63.251	600m	662.363m
16	East 458130.14m North 9237311.06m	57.1328	600m	598.293m
Akhir	East 458683.00m North 9238334.00m			836.107m

Dengan hasil dari *software* tersebut selanjutnya dilakukan kontrol dengan perhitungan manual apakah sudah sesuai atau tidak. Kontrol – kontrol yang dilakukan antara lain:

A. Kontrol Sudut Koreksi

Secara acak diambil sampel sudut PI 9 yang akan dikontrol. Seperti **Gambar 5.4**.



Gambar 5.4 Titik PI-8, PI-9, dan PI-10

- PI 4 – PI 5

$$\tan \alpha = \frac{Y_0 - Y_1}{X_0 - X_1} = \frac{9233379,00 - 9233255,00}{442804,00 - 444064,00} = -0,098413$$

$$\alpha = -5,6205$$

- PI 5 – PI 6

$$\tan \beta = \frac{Y_2 - Y_1}{X_2 - X_1} = \frac{9235261,00 - 9233255,00}{448180,00 - 444064,00} = 0,487366$$

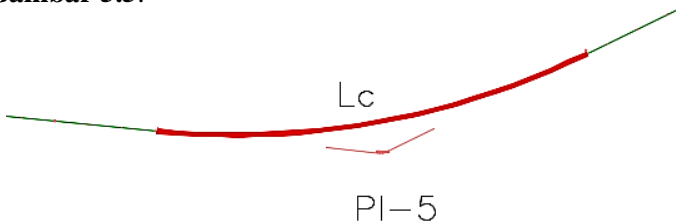
$$\beta = 25,983$$

- $\Delta = \alpha - \beta = -5,6205 - 25,983 = -31,604$

Hasil dari software -31,6036 jadi sesuai dengan perhitungan manual.

B. Kontrol Panjang Lengkung (Lc)

Secara acak diambil sampel PI 5 yang akan dikontrol. Seperti **Gambar 5.5**.



Gambar 5.5 Lengkung pada PI-5

- $L_c = (\Delta\pi / 180) R$
 $= (31,6036\pi/180) 600$
 $= 331,089$

Dari Autocad Civil 3D didapat panjang lengkung 330.952m hanya berbeda 0,137m dari perhitungan manual sehingga perhitungan sudah benar.

5.1.4. Alinyemen Vertikal

Sesuai kriteria desain pada bab sebelumnya dengan kecepatan maksimum 60 km/jam didapat jari – jari minimum lengkung vertikal yaitu 600 m dan lurus diantara dua lengkung 20 m. Pemilihan titik PPV didasari oleh jarak terdekat dengan elevasi yang pernah ada dan galian timbunan teroptimum. Hasil perhitungan dengan Autocad Civil 3D didapat pada **Tabel 5.3**.

Tabel 5. 3 Tabulasi Perhitungan Alinyemen Vertikal dari Autocad Civil 3D

No.	PVI Station	PVI Elevation	Grade In (g _i)	Grade Out (g _o)	Profile Curve Type	Profile Curve Length (L)	Radius (R)
1	0+000.00m	3.180m		1.05%			
2	0+097.71m	4.209m	1.05%	-0.75%	Crest	108.353m	6000m
3	0+248.22m	3.077m	-0.75%	1.29%	Sag	122.499m	6000m
4	0+397.38m	5.000m	1.29%	-0.92%	Crest	132.686m	6000m
5	0+539.79m	3.687m	-0.92%	0.54%	Sag	87.565m	6000m
6	0+765.34m	4.898m	0.54%	-1.62%	Crest	129.368m	6000m
7	0+979.56m	1.429m	-1.62%	1.89%	Sag	210.419m	6000m
8	1+146.85m	4.588m	1.89%	0.66%	Crest	73.447m	6000m
9	1+472.34m	6.749m	0.66%	-2.05%	Crest	163.047m	6000m
10	1+679.32m	2.499m	-2.05%	-0.02%	Sag	121.720m	6000m
11	3+682.89m	2.000m	-0.02%	1.61%	Sag	98.168m	6000m
12	3+845.34m	4.618m	1.61%	-1.52%	Crest	188.120m	6000m
13	4+018.07m	1.985m	-1.52%	0.00%	Sag	91.682m	6000m
14	4+401.82m	2.000m	0.00%	1.25%	Sag	74.927m	6000m
15	4+580.70m	4.241m	1.25%	-0.53%	Crest	107.046m	6000m
16	4+751.82m	3.332m	-0.53%	1.31%	Sag	110.394m	6000m
17	4+932.91m	5.702m	1.31%	-1.95%	Crest	195.785m	6000m
18	5+122.25m	2.000m	-1.95%	0.00%	Sag	117.274m	6000m
19	6+575.77m	2.000m	0.00%	1.37%	Sag	82.070m	6000m
20	6+721.97m	4.000m	1.37%	-1.30%	Crest	160.088m	6000m
21	6+875.77m	2.000m	-1.30%	0.00%	Sag	78.019m	6000m

No.	PVI Station	PVI Elevation	Grade In (g _i)	Grade Out (g _o)	Profile Curve Type	Profile Curve Length (L)	Radius (R)
22	10+799.95m	2.000m	0.00%	1.35%	Sag	81.106m	6000m
23	10+940.32m	3.898m	1.35%	-1.29%	Crest	158.714m	6000m
24	11+085.08m	2.025m	-1.29%	0.00%	Sag	77.608m	6000m
25	11+417.53m	2.025m	0.00%	0.93%	Sag	55.826m	6000m
26	11+602.50m	3.746m	0.93%	-0.54%	Crest	88.130m	6000m
27	11+772.17m	2.833m	-0.54%	-0.95%	Crest	24.587m	6000m
28	11+859.98m	2.000m	-0.95%	0.00%	Sag	56.890m	6000m
29	12+525.77m	2.000m	0.00%	1.09%	Sag	65.389m	6000m
30	12+641.00m	3.256m	1.09%	-1.04%	Crest	127.791m	6000m
31	12+761.75m	2.000m	-1.04%	0.01%	Sag	62.792m	6000m
32	13+139.68m	2.025m	0.01%	1.28%	Sag	76.615m	6000m
33	13+290.04m	3.954m	1.28%	-1.37%	Crest	159.248m	6000m
34	13+432.61m	2.000m	-1.37%	0.00%	Sag	82.243m	6000m
35	13+778.44m	2.000m	0.00%	0.48%	Sag	28.723m	6000m
36	13+987.32m	3.000m	0.48%	-1.01%	Crest	89.606m	6000m
37	14+085.87m	2.000m	-1.01%	0.00%	Sag	60.883m	6000m
38	14+625.77m	2.000m	0.00%	1.51%	Sag	90.653m	6000m
39	14+771.85m	4.207m	1.51%	-1.14%	Crest	159.277m	6000m
40	14+950.77m	2.161m	-1.14%	0.63%	Sag	106.468m	6000m
41	15+233.84m	3.946m	0.63%	0.09%	Crest	32.520m	6000m
42	15+361.01m	4.059m	0.09%	-0.96%	Crest	62.759m	6000m
43	15+452.73m	3.181m	-0.96%	0.29%	Sag	74.718m	6000m
44	15+559.41m	3.489m	0.29%	-0.81%	Crest	65.820m	6000m
45	15+729.00m	2.117m	-0.81%	-0.12%	Sag	41.470m	6000m
46	15+828.05m	2.000m	-0.12%	1.27%	Sag	83.477m	6000m
47	15+964.45m	3.737m	1.27%	-0.98%	Crest	135.236m	6000m
48	16+083.34m	2.572m	-0.98%	-0.01%	Sag	58.084m	6000m
49	16+267.72m	2.549m	-0.01%	0.56%	Sag	34.181m	6000m
50	16+356.02m	3.041m	0.56%	1.43%	Sag	52.455m	6000m
51	16+468.20m	4.647m	1.43%	-0.68%	Crest	126.585m	6000m
52	16+603.44m	3.730m	-0.68%	-0.15%	Sag	31.955m	6000m
53	16+720.17m	3.560m	-0.15%	1.08%	Sag	73.449m	6000m
54	17+008.05m	6.665m	1.08%	-1.47%	Crest	153.121m	6000m
55	17+164.74m	4.356m	-1.47%	0.75%	Sag	133.209m	6000m
56	17+370.22m	5.891m	0.75%	-1.66%	Crest	144.307m	6000m
57	17+539.71m	3.079m	-1.66%	0.71%	Sag	142.033m	6000m
58	17+681.72m	4.086m	0.71%	-0.59%	Crest	78.072m	6000m
59	17+782.01m	3.492m	-0.59%	0.78%	Sag	82.098m	6000m
60	17+987.85m	5.089m	0.78%	0.03%	Crest	44.828m	6000m
61	18+088.30m	5.118m	0.03%	-1.58%	Crest	96.290m	6000m
62	18+228.44m	2.909m	-1.58%	-0.41%	Sag	69.783m	6000m
63	18+317.65m	2.541m	-0.41%	0.64%	Sag	63.340m	6000m

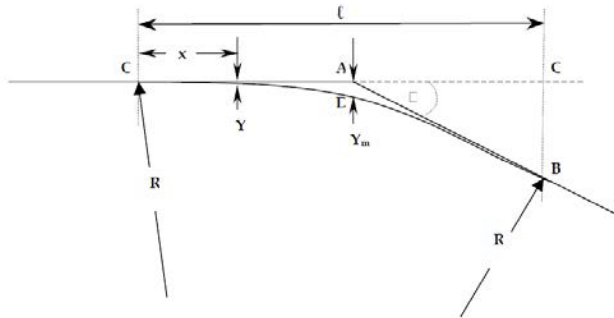
No.	PVI Station	PVI Elevation	Grade In (g _i)	Grade Out (g _o)	Profile Curve Type	Profile Curve Length (L)	Radius (R)
64	18+402.34m	3.085m	0.64%	0.95%	Sag	18.583m	6000m
65	18+498.42m	4.000m	0.95%	0.00%	Crest	57.142m	6000m
66	18+580.90m	4.000m	0.00%	0.90%	Sag	53.975m	6000m
67	18+687.03m	4.955m	0.90%	-0.49%	Crest	83.429m	6000m
68	18+793.84m	4.430m	-0.49%	0.50%	Sag	59.167m	6000m
69	18+908.85m	5.000m	0.50%	-1.49%	Crest	119.275m	6000m
70	19+013.40m	3.439m	-1.49%	-0.71%	Sag	47.261m	6000m
71	19+182.03m	2.250m	-0.71%	0.38%	Sag	65.152m	6000m
72	19+269.03m	2.581m	0.38%	-0.56%	Crest	56.735m	6000m
73	19+371.92m	2.000m	-0.56%	1.11%	Sag	100.663m	6000m
74	19+487.74m	3.289m	1.11%	-0.25%	Crest	81.493m	6000m
75	19+605.52m	3.000m	-0.25%	1.08%	Sag	79.677m	6000m
76	19+710.70m	4.139m	1.08%	0.05%	Crest	62.219m	6000m
77	19+799.99m	4.179m	0.05%	1.11%	Sag	63.578m	6000m
78	19+929.65m	5.613m	1.11%	-1.10%	Crest	132.478m	6000m
79	20+054.28m	4.238m	-1.10%	-0.04%	Sag	63.681m	6000m
80	20+163.86m	4.193m	-0.04%	-1.48%	Crest	86.199m	6000m
81	20+312.19m	2.000m	-1.48%	0.93%	Sag	144.257m	6000m
82	20+546.39m	4.169m	0.93%	-0.16%	Crest	65.148m	6000m
83	20+738.93m	3.862m	-0.16%	0.88%	Sag	62.302m	6000m
84	20+859.73m	4.924m	0.88%	-1.15%	Crest	121.913m	6000m
85	20+995.31m	3.360m	-1.15%	0.52%	Sag	100.384m	6000m
86	21+108.40m	3.948m	0.52%	-0.93%	Crest	87.129m	6000m
87	21+200.85m	3.087m	-0.93%	-0.03%	Sag	54.259m	6000m
88	21+329.19m	3.051m	-0.03%	0.90%	Sag	55.623m	6000m
89	21+455.94m	4.191m	0.90%	-0.57%	Crest	88.159m	6000m
90	21+626.72m	3.217m	-0.57%	1.47%	Sag	122.115m	6000m
91	21+782.58m	5.501m	1.47%	-0.23%	Crest	101.495m	6000m
92	21+889.61m	5.258m	-0.23%	0.50%	Sag	43.591m	6000m
93	22+037.95m	6.000m	0.50%	-1.29%	Crest	107.251m	6000m
94	22+175.94m	4.223m	-1.29%	0.01%	Sag	77.566m	6000m
95	22+392.15m	4.235m	0.01%	0.70%	Sag	41.878m	6000m
96	22+500.33m	4.996m	0.70%	-0.57%	Crest	76.592m	6000m
97	22+609.42m	4.370m	-0.57%	0.73%	Sag	78.277m	6000m
98	22+721.73m	5.192m	0.73%	-1.02%	Crest	105.042m	6000m
99	22+863.25m	3.749m	-1.02%	0.94%	Sag	117.632m	6000m
100	22+985.27m	4.898m	0.94%	-0.20%	Crest	68.732m	6000m
101	23+153.44m	4.554m	-0.20%	0.46%	Sag	39.757m	6000m
102	23+250.77m	5.000m	0.46%	0.93%	Sag	28.079m	6000m
103	23+357.80m	5.991m	0.93%	-0.43%	Crest	81.190m	6000m
104	23+450.77m	5.595m	-0.43%	0.39%	Sag	49.164m	6000m
105	23+553.44m	5.998m	0.39%	-1.53%	Crest	115.260m	6000m

No.	PVI Station	PVI Elevation	Grade In (g _i)	Grade Out (g _o)	Profile Curve Type	Profile Curve Length (L)	Radius (R)
106	23+677.73m	4.097m	-1.53%	-0.08%	Sag	86.653m	6000m
107	23+793.44m	4.000m	-0.08%	-0.72%	Crest	38.342m	6000m
108	23+924.40m	3.053m	-0.72%	1.68%	Sag	144.435m	6000m
109	24+099.39m	6.000m	1.68%	-0.38%	Crest	123.543m	6000m
110	24+208.71m	5.590m	-0.38%	0.54%	Sag	54.922m	6000m
111	24+316.83m	6.174m	0.54%	-1.38%	Crest	115.435m	6000m
112	24+473.94m	4.000m	-1.38%	1.24%	Sag	157.649m	6000m
113	24+615.14m	5.756m	1.24%	0.26%	Crest	59.137m	6000m
114	24+661.53m	5.876m	0.26%				6000m

Dengan hasil dari *software* tersebut selanjutnya dilakukan kontrol dengan perhitungan manual apakah sudah sesuai atau tidak. Kontrol – kontrol yang dilakukan antara lain:

- Panjang Lengkung (L)

Secara acak diambil sampel sudut titik nomor 105 yang akan dikontrol. Seperti **Gambar 5.6**.



Gambar 5. 6 Skema Lengkung Vertikal Titik No. 105

$$\begin{aligned}
 L &= 2 \text{ OA} = 2X_m \\
 &= 2 (R/2) (g_o - g_i) \\
 &= 2 (6000/2) (-1,53\% - 0,39\%) \\
 &= 115,26 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Dari Autocad Civil 3D didapat panjang lengkung 115,26m hanya berbeda 0 dari perhitungan manual sehingga perhitungan sudah benar.

5.2. Perencanaan Struktur Jalan Rel

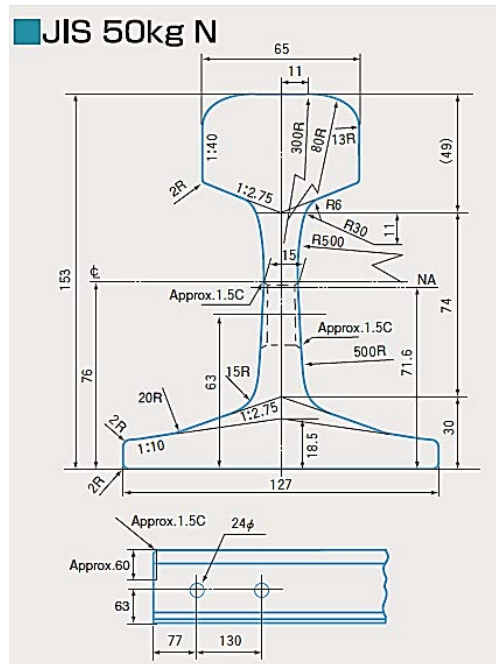
Dalam perencanaan struktur jalan rel ini akan dibahas mengenai bagaimana desain rel yang digunakan. Semakin berat beban lalu lintas yang digunakan pada jalan rel maka makin besar pula profil yang digunakan. Pada perencanaan jalan rel ini didesain dengan kriteria jalan rel lebar 1067mm kelas V, dengan data-data dari PM No. 60 Tahun 2012 sebagai berikut:

- Digunakan R42
- Passing ton tahunan : < 2,5 Juta Ton
- Beban gandar : 18 ton
- Kecepatan maksimum : 80 km/jam (Vmaks rencana 60 km/jam)
- Jarak bantalan beton : 60 cm
- Tebal balas dibawah bantalan : 25 cm
- Lebar bahu balas : 35 cm
- Tipe penambat : Pandrol (Elastik Ganda)
- Sambungan : Las ditempat.

5.2.1. Penentuan Profil Rel

Sesuai kelas jalan rel V dalam PM No. 60 Tahun 2012 profil Rel yang dipakai adalah R.42 namun dalam kenyataannya penulis tidak menemukan dimensi rel yang sama dalam brosur rel yang dijual oleh JFE Steel Corporation. Brosur bisa dilihat di **Lampiran**.

Penulis memilih dimensi rel lebih besar dari R.42 yang paling mendekati sehingga kekuatannya otomatis sudah memenuhi. Didapat jenis JIS 50kg yang paling mendekati. Sebenarnya dimensi tipe ini sama persis dengan R.50 sehingga bisa dikatakan penulis menggunakan rel R.50. Dimensi rel terpilih dapat dilihat pada **Gambar 5.7**.

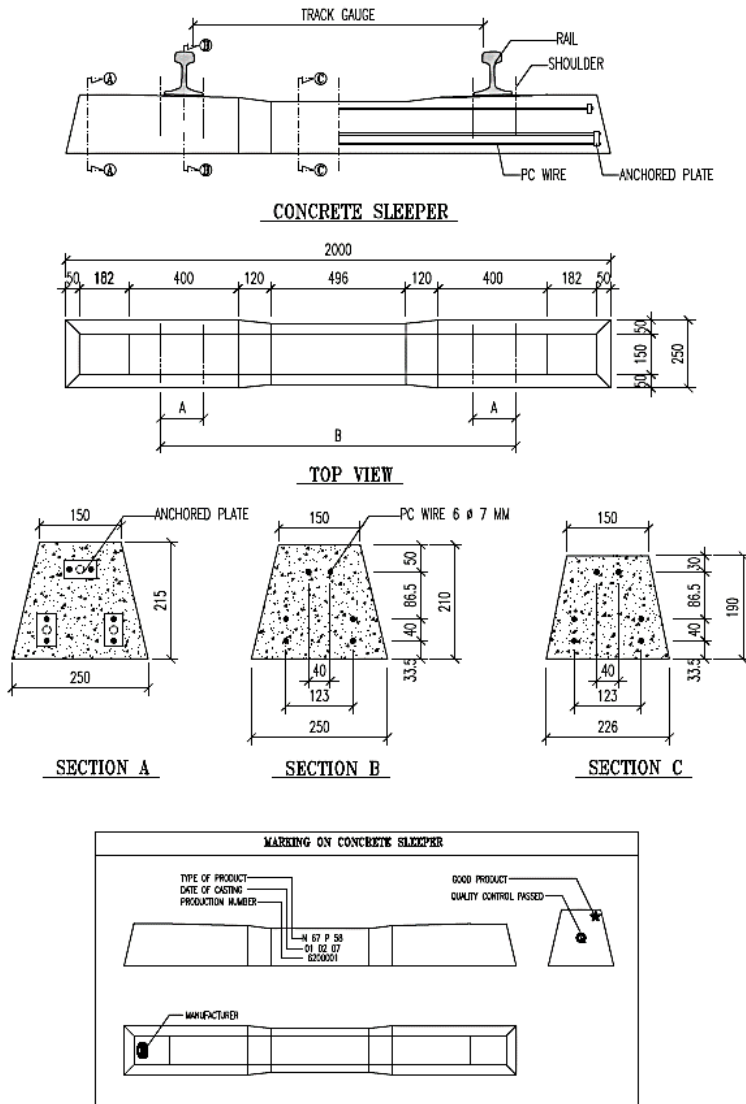


Gambar 5. 7 Ukuran Penampang Rel Tipe JIS 50kg N atau R.50

Sumber: JFE Steel Corporation

5.2.2. Penentuan Profil Bantalan

Sesuai kelas jalan rel V dalam PM No. 60 Tahun 2012 jenis bantalan yang dipakai adalah kayu atau baja dengan jarak 60cm antar bantalan, namun dalam kenyataannya penulis tidak menemukan brosur produk bantalan kayu dan baja yang spesifik. Sehingga penulis memutuskan menggunakan bantalan beton buatan PT. WIKA dengan alasan mudah dalam pengadaan, lebih tahan lama dan lebih ekonomis. Brosur bantalan yang diproduksi oleh PT. WIKA terdapat di **Lampiran**. Dimensi bantalan terpilih terdapat pada **Gambar 5.8**.



Gambar 5. 8 Dimensi Bantalan Terpilih
Sumber: PT. WIKA

5.2.3. Penentuan Balas dan Sub Balas

Balas dan sub balas merupakan lapisan terusan dari lapisan tanah dasar, dan terletak di daerah yang mengalami konsentrasi tegangan yang terbesar akibat lalu-lintas kereta pada jalan rel, oleh karena itu material pembentuknya harus baik.

Berdasarkan PM No. 60 Tahun 2012 didapat persyaratan material dan dimensi dari:

A. Balas

Material pembentuk balas harus memenuhi persyaratan berikut:

- Balas harus terdiri dari batu pecah (25 - 60) mm dan memiliki kapasitas ketahanan yang baik, ketahanan gesek yang tinggi dan mudah dipadatkan;
- Material balas harus bersudut banyak dan tajam;
- Porositas maksimum 3%;
- Kuat tekan rata-rata maksimum 1000 kg/cm²;
- Specific gravity minimum 2,6;
- Kandungan tanah, lumpur dan organik maksimum 0,5%;
- Kandungan minyak maksimum 0,2%;
- Keausan balas sesuai dengan test Los Angeles tidak boleh lebih dari 25%.

Dimensi dari lapisan balas terdapat pada **Gambar 5.9**.

B. Sub Balas

Lapisan sub-balas terdiri dari kerikil halus, kerikil sedang atau pasir kasar yang memenuhi syarat seperti pada **Tabel 5.4**:

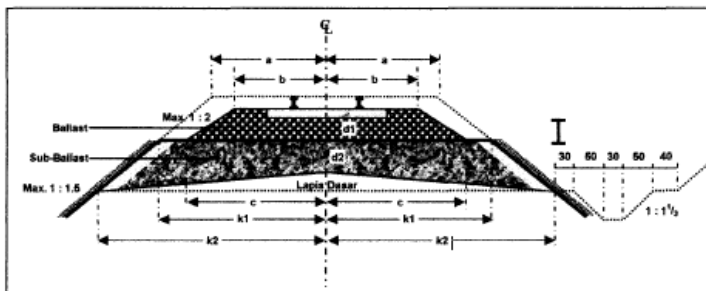
Tabel 5. 4 Persyaratan Material Sub Balas

Standar Saringan ASTM	Presentase Lolos (%)
2 ½"	100
¾"	55 – 100
No. 4	25 – 95
No. 40	5 – 35
No. 200	0 – 10

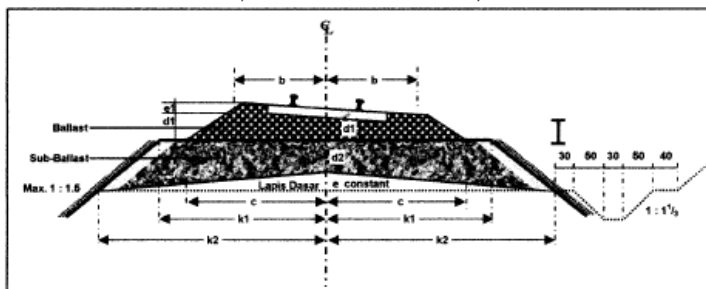
Persyaratan lain sub balas harus memenuhi persyaratan berikut:

- Material sub-balas dapat berupa campuran kerikil (*gravel*) atau kumpulan agregat pecah dan pasir;
- Material sub-balas tidak boleh memiliki kandungan material organik lebih dari 5%;
- Untuk material sub-balas yang merupakan kumpulan agregat pecah dan pasir, maka harus mengandung sekurang-kurangnya 30% agregat pecah;
- Lapisan sub-balas harus dipadatkan sampai mencapai 100% Yd menurut percobaan ASTM D 698.

Berikut adalah dimensi lapisan balas dan sub balas sesuai Pm No. 60 Tahun 2012.



Penampang Melintang Jalan Rei Pada Bagian Lurus
(Lebar Jalan Rei 1067 mm)



Penampang Melintang Jalan Rei Pada Lengkungan
(Lebar Jalan Rei 1067 mm)

Gambar 5. 9 Dimensi Balas dan Sub Balas

Dimana:

d1	= 25 cm
b	= 135 cm
c	= 210 cm
k1	= 240 cm
d2	= 30 cm
e	= 20 cm
k2	= 300 cm

5.2.4. Perencanaan Tubuh Jalan Rel

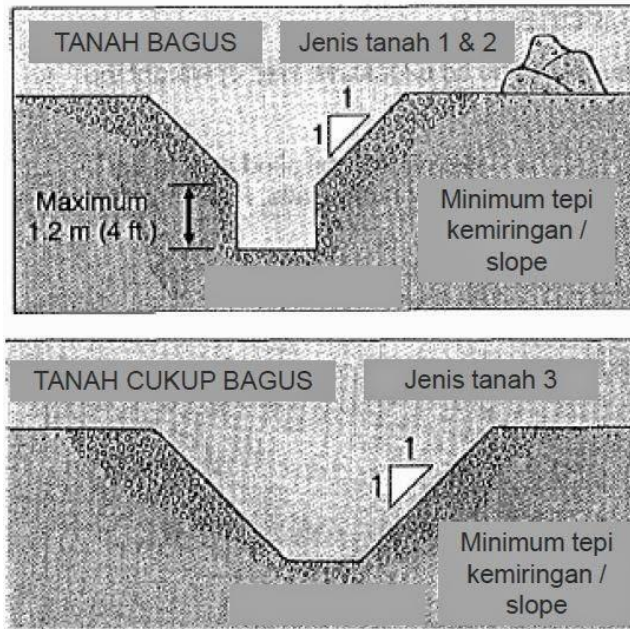
Dalam penampang melintang jalur kereta api disamping terdapat struktur dari jalan kereta api itu sendiri seperti rel, bantalan, balas dan sub balas terdapat persyaratain lain yaitu galian, timbunan juga drainase jalur kereta api tersebut. Adapun persyaratan sesuai PM No. 60 Tahun 2012 antara lain:

A. Galian

Konstruksi badan jalan pada daerah galian harus memenuhi:

1. Bila badan jalan pada galian atau tanah asli, maka jenis tanah dasar tersebut tidak boleh termasuk klasifikasi tanah tidak stabil/kestabilan rendah.
2. Tanah dasar harus terletak minimum 0,75 m di atas elevasi muka air tanah tertinggi.
3. Bila kedalaman galian lebih besar dari 10 m, maka pada setiap kedalaman 6 m harus dibuat "berm" selebar 1,50 m.

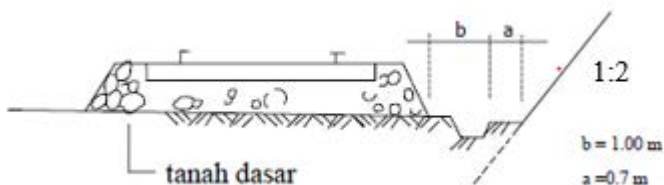
Kemiringan dari galian tidak disebutkan dalam PM No. 60 Tahun 2012 sehingga penulis memakai teori dari Koerner (1985) untuk kemiringan atau *slope* galian seperti pada **Gambar 5.10**:



Gambar 5. 10 Kemiringan pada Galian

Sumber: Koerner, 1985

Karena tugas akhir ini tidak di ketahui data tanahnya sehingga penulis mengambil kondisi diantara tanah bagus dan tanah cukup bagus. Didapat kemiringan galian sebesar 1:2 seperti pada **Gambar 5.11**.



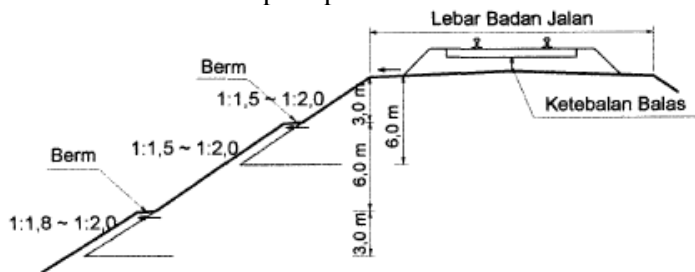
Gambar 5. 11 Permodelan Konstruksi Gallian

B. Timbunan

Konstruksi badan jalan pada daerah galian harus memenuhi:

1. Material untuk timbunan haruslah mudah dipadatkan, stabil melawan beban dari kereta api, curah hujan dan gempa dan juga harus bebas dari penurunan yang berlebihan.
2. Kekuatan CBR material timbunan ditentukan menurut ASTM 0 1883 (pengujian CBR laboratorium) atau SNI 03-1744-1989 (SNI terbaru) haruslah tidak kurang dari 6% pada contoh tanah terendam (soaked samples) yang telah dipadatkan hingga 95% dari berat isi kering maksimum sebagaimana diperoleh dari pengujian ASTM 0698 atau SNI 03-1742-1989.
3. Bagian atas timbunan setebal minimum 1 m harus merupakan material yang lebih baik dari bagian bawah timbunan. Pada kaki lereng badan jalan harus ada berm lebar paling sedikit 1,50 m dan permukaannya memiliki kemiringan 5 %. Lokasi berm harus mengikuti hal-hal seperti tercantum pada gambar di bawah, menunjukkan penampang standar untuk konstruksi timbunan:
 - a. Terletak pada batas antara timbunan atas dan timbunan bawah (pada kedalaman 3 m dari permukaan formasi).
 - b. Pada setiap kedalaman 6 m dari batas antara timbunan atas dan timbunan bawah. Jika tinggi timbunan kurang dari 6 m, berm dapat ditiadakan.

Permodelan dan kemiringan dari timbunan sesuai PM. No. 60 Tahun 2012 seperti pada **Gambar 5.12**.



Gambar 5. 12 Permodelan Konstruksi Timbunan

C. Drainase

Sesuai PM No. 60 Tahun 2012 persyaratan drainase antara lain:

1. Kemiringan minimum struktur drainase haruslah 0,3% untuk meminimalkan endapan.
2. Diameter minimum saluran pipa haruslah 15 cm untuk memudahkan pembersihan.
3. Untuk badan jalan yang merupakan tanah timbunan, maka permukaan lapis dasar harus memiliki kemiringan 5% ke arah luar dan air hujan di sekitar rei harus mengalir dengan lancar ke lereng.
4. Dalam hal jalur ganda, diperlukan saluran di antara dua jalur (parit-U atau French Drain) dan drainase melintang.
5. Pada daerah galian yang terdapat mata air, drainase dan dinding galian harus dilengkapi dengan sulingan (weephole) dengan ukuran diameter pipa sekurang-kurangnya 2 inch dan jarak (0,5 - 1,0) m;
6. Apabila drainase menggunakan saluran pipa, ukuran diameter pipa sekurang-kurangnya 6 inch.

Untuk perencanaan drainase jalur kereta api lintas Semarang – Demak ini hanya ada pada galian saja dan disalurkan ke sungai atau drainase yang pernah ada.

5.2.5. Perencanaan Peron

Peron adalah bangunan yang terletak di samping jalur kereta api yang berfungsi untuk naik turun penumpang. Perencanaan peron disesuaikan dengan penampang melintang moda kereta api yang melintas. Persyaratan peron menurut Irwan Joe adalah sebagai berikut:

- ✓ Celah antara badan kereta dan peron maksimum adalah 75 mm.
- ✓ Tinggi peron maksimal adalah setinggi lantai kereta (sebagai contoh 915 mm).
- ✓ Beda tinggi maksimal antara peron dan lantai kereta adalah 50 mm.

Dari data dimensi moda kereta api yang digunakan pada bab sebelumnya didapat:

- Panjang kereta : 80 m
- Lebar kereta : 2.990 mm
- Tinggi kereta dari rel : 3.820 mm
- Tinggi lantai kereta dari rel : 1.100 mm

Dari data tersebut dapat direncanakan peron dengan dimensi sebagai berikut:

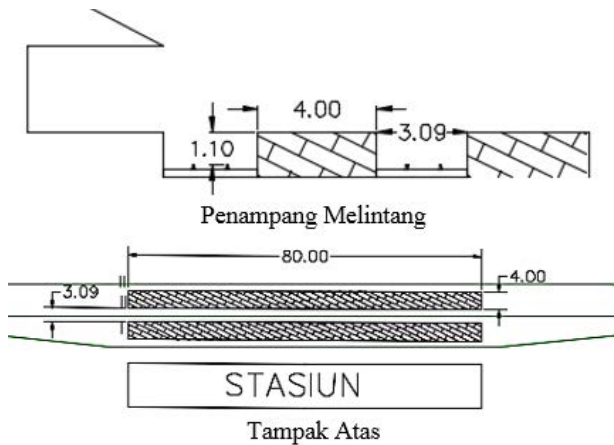
1. Panjang peron sesuai panjang kereta yaitu 80 m
2. Lebar peron dihitung berdasarkan jumlah penumpang dengan menggunakan formula sebagai berikut:

$$b = \frac{0.64 \text{ m}^2/\text{orang} \times V \times LF}{I}$$

Dimana:

- b = Lebar peron (meter)
 - V = Jumlah kapasitas maksimum penumpang kereta(orang)
 - LF = Load factor (80%).
 - I = Panjang peron sesuai dengan rangkaian terpanjang kereta api penumpang yang beroperasi (meter).
- $$b = (0,64 \times 624 \times 80\%) / 80$$
- $$= 4.01 \text{ m} = 4 \text{ m}$$
3. Tinggi peron sesuai tinggi lantai kereta dari kepala rel yaitu 1100 mm
 4. Jarak antara 2 peron = lebar kereta + (2 celah antara badan kereta dan peron)
- $$= 2990 + (2 \times 50)$$
- $$= 3090 \text{ mm}$$

Dari seluruh perhitungan di atas dapat visualisasikan dimensi peron seperti **Gambar 5.13**.



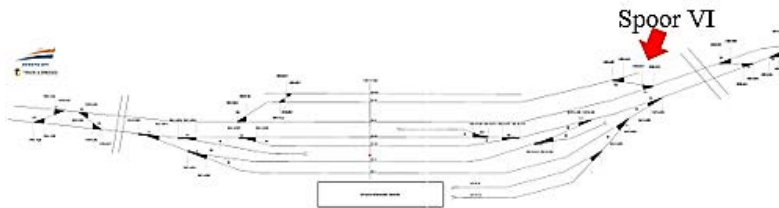
Gambar 5. 13 Dimensi Peron dalam Meter

5.2.6. Perencanaan Emplasemen Stasiun

Emplasemen adalah bagian dari kompleks stasiun yang berupa lapangan terbuka dan terdapat susunan jalan – jalan rel kereta api beserta kelengkapannya. Selain itu dapat diartikan bahwa emplasemen adalah konfigurasi sepur – sepur untuk suatu tujuan tertentu, yaitu menyusun kereta atau gerbong menjadi rangkaian yang dikehendaki dan menyimpannya pada waktu tidak digunakan.

Perencanaan emplasemen disesuaikan dengan kebutuhan stasiun dan pola operasi kereta. Sehingga di butuhkan grafik penjadwalan kereta api (gapeka) untuk menentukan jumlah *spoor siding* yang ada di stasiun.

Pada jalur kereta api lintas Semarang – Demak ini masuk melalui *spoor siding* VI pada stasiun Semarang Tawang Seperti **Gambar 5.14**. Pada Stasiun Semarang Tawang sesuai gapeka DAOP VI yang ada pada **Lampiran** jumlah kereta yang melalui sekaligus terbanyak ada 3 buah sedangkan jumlah *spoor siding* ada 7. Jadi terdapat 4 *spoor siding* kosong yang dijadikan acuan perencanaan pola operasi kereta api lintas Semarang – Demak.



Gambar 5. 14 Emplasemen Semarang Tawang

1. Pola Operasi Kereta api lintas Semarang – Demak

Berdasarkan data – data yang pernah ada pada bab sebelumnya perencanaan pola operasi didasari oleh:

- Kecepatan maksimum kereta api: 60 km/jam
- Headway kereta api : 25 menit
- Jam operasi ditentukan : 05.00 - 21.00 WIB
- Melewati 4 stasiun:
 - Stasiun Semarang Tawang (sudah aktif)
 - Stasiun Sayung (baru)
 - Stasiun Kalikondang(baru)
 - Stasiun Demak (baru)

Berdasarkan parameter diatas dibuat gapeka kereta api lintas Semarang – Demak pada **Lampiran**. Terlihat kebutuhan armada moda kereta api 5 buah dan *spoor siding* stasiun baru seperti pada **Tabel 5.5**.

Tabel 5. 5 Kebutuhan *Spoor Siding* Stasiun Baru

Nama Stasiun	Kebutuhan
Sayung	2 untuk langsir 1 untuk <i>emergency</i>
Kalikondang	2 untuk langsir 1 untuk <i>emergency</i>
Demak	3 untuk langsir dan dipo 1 untuk <i>emergency</i> dan dipo

2. Perencanaan Wesel Stasiun Baru

Setelah diketahui panjang dan lebar peron selanjutnya direncanakan wesel yang ada di emplasemen setiap stasiun. Produk wesel yang digunakan yaitu jenis wesel 1:10 dari China Railway

Shanhaiguan Bridge Group Co. Ltd brosur terdapat pada **Lampiran**.

Maka berikut adalah data perencanaan wesel dan emplasemen stasiun baru:

a. Stasiun Sayung

Denah emplasemen Stasiun Sayung seperti pada **Gambar 5.15**. Sedangkan data teknis wesel dan *spoor siding* pada **Tabel 5.6** dan **Tabel 5.7**.



Gambar 5. 15 Denah Emplasemen Stasiun Sayung

Tabel 5. 6 Data Wesel Stasiun Sayung

No Wesel	Sudut	Arah Wesel		Type Rel	Lidah	Terlayan
		Kanan	Kiri			
1	1:10		Kr	50	Per	Terpusat
2	1:10	Kn		50	Per	Terpusat
3	1:10		Kr	50	Per	Terpusat
4	1:10	Kn		50	Per	Terpusat

Tabel 5. 7 Data *Spoor siding* Stasiun Sayung

No Sepur	Tipe Rel	Panjang	
		Fisik	Terpakai (prepal-prepal)
I	50	215,2m	166,1m
II	50	215,2m	166,1m
III	50	265,5m	216,4m

b. Stasiun Kalikondang

Denah emplasemen Stasiun Sayung seperti pada **Gambar 5.16**. Sedangkan data teknis wesel dan *spoor siding* pada **Tabel 5.8** dan **Tabel 5.9**.



Gambar 5. 16 Denah Emplasemen Stasiun Kalikondang

Tabel 5. 8 Data Wesel Stasiun Kalikondang

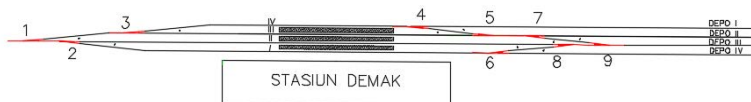
No Wesel	Sudut	Arah Wesel		Type Rel	Lidah	Terlayan
		Kanan	Kiri			
1	1:10		Kr	50	Per	Terpusat
2	1:10	Kn		50	Per	Terpusat
3	1:10		Kr	50	Per	Terpusat
4	1:10	Kn		50	Per	Terpusat

Tabel 5. 9 Data *Spoor Siding* Stasiun Kalikondang

No Sepur	Tipe Rel	Panjang	
		Fisik	Terpakai (prepal-prepal)
I	50	215,2m	166,1m
II	50	215,2m	166,1m
III	50	265,5m	216,4m

c. Stasiun Demak

Denah emplasemen Stasiun Sayung seperti pada **Gambar 5.17**. Sedangkan data teknis wesel dan *spoor siding* pada **Tabel 5.10** dan **Tabel 5.11**.



Gambar 5. 17 Denah Emplasemen Stasiun Demak

Tabel 5. 10 Data Wesel Stasiun Demak

No Wesel	Sudut	Arah Wesel		Type Rel	Lidah	Terlayan
		Kanan	Kiri			
1	1:10		Kr	50	Per	Terpusat
2	1:10	Kn		50	Per	Terpusat
3	1:10		Kr	50	Per	Terpusat
4	1:10	Kn		50	Per	Terpusat
5	1:10	Kn		50	Per	Terpusat
6	1:10		Kr	50	Per	Terpusat
7	1:10	Kn		50	Per	Terpusat
8	1:10		Kr	50	Per	Terpusat
9	1:10	Kn		50	Per	Terpusat

Tabel 5. 11 Data *Spoor Siding* Stasiun Demak

No Sepur	Tipe Rel	Panjang	
		Fisik	Terpakai (prepal-prepal)
I	50	329,1m	279,6m
II	50	379,4m	330,1m
III	50	287,2m	237,9m
IV	50	138,5m	113,8m
Dipo I	50	249,7m	224,8m
Dipo II	50	157,7m	132,9m
Dipo III	50	90m	90m
Dipo IV	50	160,1m	183,9m

BAB VI

RENCANA ANGGARAN BIAYA

Dalam tugas akhir ini perhitungan rencana anggaran biaya konstruksi hanya dibatasi pada perencanaan biaya struktur dan pelaksanaan proyek. Rencana anggaran biaya tidak mencakup perhitungan biaya operasional dan produktivitas pekerja. Beberapa hal yang akan dibahas dalam perhitungan rencana anggaran biaya meliputi;

1. Rincian jenis pekerjaan (*Work breakdown structure*)
2. Analisa harga satuan pekerjaan konstruksi
3. Rekapitulasi rencana anggaran biaya.

daftar harga satuan dan rincian jenis pekerjaan didasari oleh PM No. 78 Tahun 2014 Tentang Standar Biaya Di Lingkungan Kementerian Perhubungan. Untuk penjelasan lebih lanjut mengenai pekerjaan jalur kereta api akan dibahas sebagaimana dibawah ini.

6.1. Rincian Volume Pekerjaan

Perkiraan biaya pembangunan prasarana jalan rel akan menjadi dasar perhitungan dalam pekerjaan track. Penjelasan secara detail pekerjaan track akan dijabarkan pada **Tabel 6.1**.

Tabel 6. 1 Volume Pekerjaan Pembangunan Jalur Kereta Api
Lintas Semarang – Demak

No	Jenis Pekerjaan	Volume	Satuan
A	Pengadaan Bahan		
1	Volume balas pecah	40653.93	m ³
2	Volume sub balas	46987.32	m ³
3	Volume bantalan beton dan penambat	46073	set
4	Volume rel R50	27643.5	m'
B	Pekerjaan Persiapan		
1	Pembebasan lahan	331722	m ²

No	Jenis Pekerjaan	Volume	Satuan
2	Pembersihan lahan (25%)	82931	m ²
3	Membuat direksi keet	126	m ²
4	Perlengkapan dan penerangan direksi keet	7	ls
5	Membuat alat semboyan	277	unit
6	Pengukuran dan pasang patok	55300	m'sp
7	Bongkar direksi keet dan gudang kerja	126	m ²
C	Pekerjaan Balas dan Rel		
1	Pengadaan dan menggelar sub balas	39541.61	m ³
2	Angkat listring dengan MTT, didahului HTT >60 km/jam	27643.5	m
3	Galian	90969.68	m ³
4	Timbunan	167649.45	m ³
5	Angkutan termasuk muat bongkar rel R 50	27643.5	m'
6	Pemasangan bantalan beton lengkap degan alat penambat elastis	46073	set
7	Menyetel dan pemasangan rel R 50	27643.5	m'
8	Mengelas rel	2765	titik
9	Pasang dan stel wesel R 50	17	unit
10	Pembuatan saluran pembuangan	15950	m

6.2. Analisa Pekerjaan Proyek

Dalam menganalisa tiap-tiap pekerjaan pembangunan jalur kereta api lintas Semarang – Demak ini PM No. 78 Tahun 2014 Tentang Standar Biaya Di Lingkungan Kementerian Perhubungan. Dalam perhitungan analisa pekerjaan ini akan diketahui biaya dari tiap – tiap pekerjaan. Untuk mengetahui lebih rinci mengenai perhitungan analisa pekerjaan proyek ini dapat dilihat pada **Tabel 6.2**

Tabel 6. 2 Daftar Analisa Pekerjaan Pembangunan Jalur Kereta Api Lintas Semarang – Demak

Kegiatan	Volume	Satuan	Harga satuan	Harga
Pengadaan Bahan				
Balas kricak ukuran 2x6 ecer di lokasi				
Harga balas batu pecah 2/6 di Quarry	1,0000	m ³	Rp 248.243,21	Rp 248.243,21
Ongkos angkut maksimum dari Quarry ke Depo balas tempat muat				
Pekerja	0,3700	OH	Rp 80.814,96	Rp 29.901,54
Mandor	0,0300	OH	Rp 123.988,39	Rp 3.719,65
Ongkos muat ke gerbong dengan orang				
Pekerja	0,1333	OH	Rp 80.814,96	Rp 10.772,63
Ongkos bongkar dan ecer di lokasi				
Pekerja	0,1170	OH	Rp 80.814,96	Rp 9.455,35
Mandor	0,0030	OH	Rp 123.988,39	Rp 371,97
Biaya administrasi angkutan balas dengan KA	1,0000	m ³	Rp 96.162,00	Rp 96.162,00
Jumlah				Rp 398.626,35

Kegiatan	Volume	Satuan	Harga satuan	Harga
Bantalan beton lengkap dengan penambat elastis	1,0000	set	Rp. 620.000,00	Rp. 620.000,00
Jumlah				Rp. 620.000,00
Harga Rel R50 per batang (10m)	1,0000	batang	Rp. 11.414.000,00	Rp. 11.414.000,00
Jumlah				Rp. 11.414.000,00
Pekerjaan Persiapan				
Pembersihan lahan (25% x L = 4 m' x P)				
Mandor	0,0050	OH	Rp 123.988,39	Rp 619,94
Kepala tukang	0,0500	OH	Rp 109.596,89	Rp 5.479,84
Tukang kayu	0,0500	OH	Rp 95.192,55	Rp 4.759,63
Pekerja	0,0500	OH	Rp 80.814,96	Rp 4.040,75
Jumlah				Rp 14.900,16
Membuat direksi keet	0,0556	m ²	Rp 6.630.707,99	Rp 368.667,36
Perlengkapan dan penereangan direksi keet	1,0000	ls	Rp 228.000,00	Rp 228.000,00

Kegiatan	Volume	Satuan	Harga satuan	Harga
Membuat alat semboyan				
Pekerja	2,0000	OH	Rp 80.814,96	Rp 161.629,92
Bambu dia. 5-7cm	3,0000	batang	Rp 18.190,00	Rp 54.570,00
Triplek t=4mm	1,0000	lbr	Rp 85.600,00	Rp 85.600,00
Cat besi	1,0000	kg	Rp 77.280,75	Rp 77.280,75
Kain bendera	1,5000	m ²	Rp 59.278,00	Rp 88.917,00
Lampu semboyan	2,0000	buah	Rp 280.000,00	Rp 560.000,00
Jumlah				Rp 1.027.997,67
Pengukuran dan pasang patok (track baru)				
Juru ukur	0,0286	OH	Rp 86.635,76	Rp 2.477,78
Pekerja	0,0286	OH	Rp 80.814,96	Rp 2.311,31
Patok beton	0,2286	buah	Rp 100.000,00	Rp 22.860,00
Theodolite	0,0571	jam	Rp 85.942,00	Rp 4.907,29
Alat bantu pengukuran dan stacking out	0,0286	ls	Rp 25.000,00	Rp 715,00
Pengadaan dan pemasangan patok HM/KM				
Bekisting patok HM/KM	0,4800	m ²	Rp 946.332,89	Rp 454.239,79
Beton K-250	0,0160	m ³	Rp 1.713.135,05	Rp 27.410,16

Kegiatan	Volume	Satuan	Harga satuan	Harga
Pemasangan Patok HM/KM	1,0000	buah	Rp 80.814,96	Rp 80.814,96
Pengecatan tanda- tanda di lintas (patok KM/HM dll)	0,5000	m ²	Rp 62.518,86	Rp 31.259,43
Jumlah				Rp 626.995,72
Jaga malam/keamanan peralatan kerja dan mesin-mesin				
Pekerja	1,0000	OH	Rp 80.814,96	Rp 80.814,96
Jumlah				Rp 80.814,96
Bongkar direksi keet dan gudang kerja				
Pekerja	0,1286	OH	Rp 80.814,96	Rp 10.392,80
Mandor	0,0214	OH	Rp 123.988,39	Rp 2.653,35
Jumlah				Rp 13.046,16
Pekerjaan Balas dan Rel				
Pengadaaan dan menggelar sub balas				
Subbalas sirtu uk. 0.2- 2 cm ecer di lokasi	1,2000	m ³	Rp 453.132,55	Rp 543.759,06
Menghampar, meratakan subbalas berikut pemadatan	0,0167	60 m ³	Rp 1.963.006,68	Rp 32.782,21

Jumlah				Rp 576.541,27
Kegiatan	Volume	Satuan	Harga satuan	Harga
Angkat listring dengan MTT, didahului HTT >60 km/jam				
s.d kecepatan 20 km/jam dari 5 km/jam	1,0000	m'sp	Rp 35.421,24	Rp 35.421,24
s.d kecepatan 40 km/jam dari 20 km/jam	1,0000	m'sp	Rp 64.253,30	Rp 64.253,30
s.d kecepatan 60 km/jam dari 40 km/jam	1,0000	m'sp	Rp 69.910,35	Rp 69.910,35
> dari kecepatan 60 km/jam dikerjakan dengan alat berat (MTT, PBR, dsb)	1,0000	m'sp	Rp 165.614,84	Rp 165.614,84
Jumlah				Rp 335.199,73
Galian				
Pekerja	0,0857	OH	Rp 80.814,96	Rp 6.925,84
Mandor	0,0014	OH	Rp 123.988,39	Rp 173,58
Excavator	0,2730	jam	Rp 374.500,00	Rp 102.238,50
Dump truck 3.5 ton	0,0877	jam	Rp 160.500,00	Rp 14.075,85
Alat bantu	1,0000	ls	Rp 4.387,00	Rp 4.387,00
Jumlah				Rp 127,800,78

Kegiatan	Volume	Satuan	Harga satuan	Harga
Timbunan				
Pekerja	0,3750	OH	Rp 80.814,96	Rp 30.305,61
Mandor	0,0125	OH	Rp 123.988,39	Rp 1.549,85
Dump truck 3.5 ton	0,2289	jam	Rp 160.500,00	Rp 36.738,45
Alat bantu	1,0000	ls	Rp 4.387,00	Rp 4.387,00
Jumlah				Rp 72.980,91
Pemasangan bantalan beton lengkap degan alat penambat elastis termasuk angkut dan ecer				
Mandor	0,2114	OH	Rp 123.988,39	Rp 26.211,15
Pekerja	0,0043	OH	Rp 80.814,96	Rp 347,50
Alat bantu	1,0000	ls	Rp 4.173,00	Rp 4.173,00
Jumlah				Rp 30.731,65

Menyetel dan pemasangan rel R 54				
Pekerja	2,2620	OH	Rp 80.814,96	Rp 182.803,44
Mandor	0,0836	OH	Rp 123.988,39	Rp 10.365,43
Jumlah				Rp 193.168,87

Kegiatan	Volume	Satuan	Harga satuan	Harga
Ongkos angkut dan ecer bantalan beton + penambat				
Pekerja	0,3700	OH	Rp 80.814,96	Rp 29.901,54
Mandor	0,0300	OH	Rp 123.988,39	Rp 3.719,65
Alat bantu	1,0000	ls	Rp 4.173,00	Rp 4.173,00
Jumlah				Rp 37.794,19
Angkutan termasuk muat bongkar rel R 54				
Pekerja	0,0550	OH	Rp 80.814,96	Rp 4.444,82
Mandor	0,0260	OH	Rp 123.988,39	Rp 3.223,70
Kawat pral	0,0500	kg	Rp 40.821,57	Rp 2.041,08
Jumlah				Rp 9.709,60
Mengelas rel dengan las thermit				
Pembantu tukang las	0,7500	OH	Rp 57.245,00	Rp 42.933,75
Pengawa pekerjaan las	0,2500	OH	Rp 86.635,76	Rp 21.658,94
Tukang gerinda	0,5000	OH	Rp 75.258,45	Rp 37.629,23
Tukang las	0,5000	OH	Rp 95.192,55	Rp 47.596,28
Pengetetan dengan ultrasonic	1,0000	ls	Rp 19.260,00	Rp 19.260,00
Mesin gerinda MP 12 (/hari)	0,2500	hari	Rp 141.454,00	Rp 35.363,50
Mesin gerinda tangan (/hari)	0,2500	hari	Rp 128.614,00	Rp 32.153,50

Kegiatan	Volume	Satuan	Harga satuan	Harga
Mesin weld sher (manual) (/hari)	0,2500	hari	Rp 123.692,00	Rp 30.923,00
Bensin	1,5000	ltr	Rp 6.420,00	Rp 9.630,00
Gas LPG	0,0300	kg	Rp 5.885,00	Rp 176,55
Oksigen	0,1500	m3	Rp 26.750,00	Rp 4.012,50
Oli SAE 30-40	0,0600	ltr	Rp 30.495,00	Rp 1.829,70
Tenda plastik 3x4	0,0100	buah	Rp 235.079,00	Rp 2.350,79
Apron	0,0150	buah	Rp 160.500,00	Rp 2.407,50
Batu gerinda tangan	0,1500	buah	Rp 38.627,00	Rp 5.794,05
Blender pemanas	0,0090	set	Rp 3.267.245,00	Rp 29.405,21
Kikir segi empat uk 1.5"	0,0200	buah	Rp 83.032,00	Rp 1.660,64
Kunci baut lasplat	0,0010	buah	Rp 89.987,00	Rp 89,99
Kunci inggris 12"	0,0020	buah	Rp 128.721,00	Rp 257,44
Kunci ring/pas	0,0020	set	Rp 119.626,00	Rp 239,25
Kunci tirepond	0,0010	buah	Rp 133.964,00	Rp 133,96
Linggis bengkok	0,0060	buah	Rp 180.081,00	Rp 1.080,49
Mistas pelurus rel 1 m	0,0100	buah	Rp 565.923,00	Rp 5.659,23
Pahat ganjal	0,0150	buah	Rp 9.951,00	Rp 149,27
Palu konde 1 kg	0,0100	buah	Rp 42.479,00	Rp 424,79

Kegiatan	Volume	Satuan	Harga satuan	Harga
Palu/martil 4 kg	0,0040	buah	Rp 63.665,00	Rp 254,66
Pandpuller	0,0010	buah	Rp 127.330,00	Rp 127,33
Regulator elpiji	0,0050	buah	Rp 96.514,00	Rp 482,57
Regulator oksigen	0,0050	buah	Rp 154.294,00	Rp 771,47
Sarung tangan panjang	0,0300	set	Rp 26.857,00	Rp 805,71
Sarung tangan pendek	0,0300	set	Rp 2.675,00	Rp 80,25
Sekop	0,1000	buah	Rp 51.360,00	Rp 5.136,00
Sepatu las	0,0010	set	Rp 167.241,00	Rp 167,24
Set bahan las	1,0000	set	Rp 1.365.320,00	Rp 1.365.320,00
Sikat baja	0,0500	buah	Rp 12.733,00	Rp 636,65
Stop watch	0,0010	buah	Rp 308.695,00	Rp 308,70
Kacamata las	0,0100	buah	Rp 39.590,00	Rp 395,90
Kain lap/majun	0,0200	lbr	Rp 7.490,00	Rp 149,80
Dongkrak alignment beam	0,0050	bh	Rp 5.233.825,00	Rp 26.169,13
Jumlah				Rp 1.733.624,94

Kegiatan	Volume	Satuan	Harga satuan	Harga
Mengelas sambungan rel dengan elektroda di siang hari				
Pekerja	0,2000	OH	Rp 80.814,93	Rp 16.162,99
Pengawas	0,2000	OH	Rp 123.988,39	Rp 24.797,68
Tukang Gerinda	0,4000	OH	Rp 75.258,45	Rp 30.103,38
Tukang las	0,4000	OH	Rp 95.192,55	Rp 38.077,02
Mesin gerinda profil	1,0000	jam	Rp 35.588,20	Rp 35.588,20
Mein las 40 Amp	1,0000	jam	Rp 277.208,11	Rp 277.208,11
Acetylin @45kg	0,0700	tabung	Rp 395.900,00	Rp 27.713,00
Bensin	1,5000	ltr	Rp 6.420,00	Rp 9.630,00
Oksigen	0,1500	m3	Rp 26.750,00	Rp 4.012,50
Oli SAE 30-40	0,0500	ltr	Rp 30.495,00	Rp 1.524,75
Solar	7,0000	ltr	Rp 10.270,00	Rp 71.890,00
Tenda plastik 3x4	0,0100	buah	Rp 235.079,00	Rp 2.350,79
Batu gerinda profil	0,0200	buah	Rp 450.149,00	Rp 9.002,98
Batu gerinda tangan	0,3000	buah	Rp 38.627,00	Rp 11.588,10
Blender pemanas	0,0090	set	Rp 3.267.245,00	Rp 29.405,21
Kunci baut lasplat	0,0020	buah	Rp 89.987,00	Rp 179,97
Kunci ring/pas	0,0020	set	Rp 119.626,00	Rp 239,25

Kegiatan	Volume	Satuan	Harga satuan	Harga
Kunci tirepond	0,0010	buah	Rp 133.964,00	Rp 133,96
Linggis bengkok	0,0060	buah	Rp 180.081,00	Rp 1.080,49
Mistar pelurus rel 1 m	0,0010	buah	Rp 565.923,00	Rp 565,92
Mold tembaga	0,0100	kg	Rp 810.311,00	Rp 8.103,11
Pahat ganjal	0,0100	buah	Rp 9.951,00	Rp 99,51
Palu konde 1 kg	0,0100	buah	Rp 42.479,00	Rp 424,79
Palu/martil 4 kg	0,0040	buah	Rp 63.665,00	Rp 254,66
Pandpuller	0,0020	buah	Rp 127.330,00	Rp 254,66
Regulator acetyln	0,0050	set	Rp 854.181,00	Rp 4.270,91
Regulator oksigen	0,0050	set	Rp 154.294,00	Rp 771,47
Sarung tangan panjang	0,0100	set	Rp 26.857,00	Rp 268,57
Sarung tangan pendek	0,0100	set	Rp 2.675,00	Rp 26,75
Sepatu las	0,0010	set	Rp 167.241,00	Rp 167,24
Sikat baja	0,0500	buah	Rp 12.733,00	Rp 636,65
Kacamata las	0,0100	buah	Rp 39.590,00	Rp 395,90
Kain lap/majun	0,0500	lbr	Rp 7.490,00	Rp 374,50
Elektroda untuk layer	1,2000	kg	Rp 129.800,00	Rp 155.760,00
Elektroda untuk pengerasan	0,3000	kg	Rp 145.100,00	Rp 43.530,00
Jumlah				Rp 806,593,01

Kegiatan	Volume	Satuan	Harga satuan	Harga
Mengelas sambungan rel dengan elektroda di malam hari				
Pekerja	0,3000	OH	Rp 80.814,93	Rp 24.244,48
Pengawas	0,3000	OH	Rp 123.988,39	Rp 37.196,52
Tukang Gerinda	0,6000	OH	Rp 75.258,45	Rp 45.155,07
Tukang las	0,6000	OH	Rp 95.192,55	Rp 57.115,53
Biaya pengamanan dan transportasi	1,0000	ls	Rp 38.520,00	Rp 38.520,00
Pengetesan dengan ultrasonic	1,0000	ls	Rp 19.260,00	Rp 19.260,00
Generator set	1,2500	jam	Rp 272.850,00	Rp 341.062,50
Mesin gerinda profil	1,0000	jam	Rp 35.588,20	Rp 35.588,20
Mein las 40 Amp	1,0000	jam	Rp 277.208,11	Rp 277.208,11
Acetylin @45kg	0,0700	tabung	Rp 395.900,00	Rp 27.713,00
Bensin	1,5000	ltr	Rp 6.420,00	Rp 9.630,00
Oksigen	0,1500	m3	Rp 26.750,00	Rp 4.012,50
Oli SAE 30-40	0,0500	ltr	Rp 30.495,00	Rp 1.524,75
Solar	7,0000	ltr	Rp 10.270,00	Rp 71.890,00
Tenda plastik 3x4	0,0100	buah	Rp 235.079,00	Rp 2.350,79
Batu gerinda profil	0,0200	buah	Rp 450.149,00	Rp 9.002,98
Batu gerinda tangan	0,3000	buah	Rp 38.627,00	Rp 11.588,10
Blender pemanas	0,0090	set	Rp 3.267.245,00	Rp 29.405,21
Kunci baut lasplat	0,0020	buah	Rp 89.987,00	Rp 179,97
Kunci ring/pas	0,0020	set	Rp 119.626,00	Rp 239,25

Kegiatan	Volume	Satuan	Harga satuan	Harga
Kunci tirepond	0,0010	buah	Rp 133.964,00	Rp 133,96
Linggis bengkok	0,0060	buah	Rp 180.081,00	Rp 1.080,49
Mistar pelurus rel 1 m	0,0010	buah	Rp 565.923,00	Rp 56,92
Mold tembaga	0,0100	kg	Rp 810.311,00	Rp 8.103,11
Pahat ganjal	0,0100	buah	Rp 9.951,00	Rp 99,51
Palu konde 1 kg	0,0100	buah	Rp 42.479,00	Rp 424,79
Palu/martil 4 kg	0,0040	buah	Rp 63.665,00	Rp 254,66
Pandpuller	0,0020	buah	Rp 127.330,00	Rp 254,66
Regulator acetyln	0,0050	set	Rp 854.181,00	Rp 4.270,91
Regulator oksigen	0,0050	set	Rp 154.294,00	Rp 771,47
Sarung tangan panjang	0,0100	set	Rp 26.857,00	Rp 268,57
Sarung tangan pendek	0,0100	set	Rp 2.675,00	Rp 26,75
Sepatu las	0,0010	set	Rp 167.241,00	Rp 167,24
Sikat baja	0,0500	buah	Rp 12.733,00	Rp 636,65
Kacamata las	0,0100	buah	Rp 39.590,00	Rp 395,90
Kain lap/majun	0,0500	lbr	Rp 7.490,00	Rp 374,50
Elektroda untuk layer	1,2000	kg	Rp 129.800,00	Rp 155.760,00
Elektroda untuk pengerasan	0,3000	kg	Rp 145.100,00	Rp 43.530,00
Jumlah				Rp 1.260.006,05

Kegiatan	Volume	Satuan	Harga satuan	Harga
Memotong rel				
Pekerja	0,1250	OH	Rp 80.814,96	Rp 10.101,87
Mandor	0,0370	OH	Rp 123.988,39	Rp 4.587,57
Gergaji standar	0,5000	buah	Rp 14.809,87	Rp 7.404,94
Jumlah				Rp 22.094,38
Mengebor rel titap titik potongan				
Pekerja	0,1250	OH	Rp 80.814,96	Rp 10.101,87
Mandor	0,0220	OH	Rp 123.988,39	Rp 2.727,74
Sewa mesin bor dan bahan bakat/lubang	1,0000	buah	Rp 84.861,70	Rp 84.861,70
Jumlah				Rp 97.691,31
Pasang dan stel wesel R 54				
Menyetel wesel baru per unit wesel R54	1,0000	unit	Rp 5.096.874,38	Rp 5.096.874,38
Membuat stapling pergeseran wesel	1,0000	unit	Rp 280.542,66	Rp 280.542,66
Memasukkan/mengeluarkan wesel per unit	1,0000	unit	Rp 16.296.874,38	Rp 16.296.874,38
Angkat listring R54	1,0000	unit	Rp 169.584,89	Rp 169.584,89
Jumlah				Rp 21.843.876,31

Kegiatan	Volume	Satuan	Harga satuan	Harga
Pembuatan saluran pembuangan				
Pekerja	0,3010	OH	Rp 80.814,96	Rp 24.325,30
Mandor	0,0105	OH	Rp 123.988,39	Rp 1.301,88
Alat bantu	1,0000	ls	Rp 4.387,00	Rp 4.387,00
Jumlah				Rp 30.014,18

6.3. Rekapitulasi Rencana Anggaran Biaya

Rekapitulasi dari volume dan daftar satuan harga dari pekerjaan di jadikan rencana anggaran biaya pada **Tabel 6.3** di bawah.

Tabel 6. 3 Rekapitulasi Rencana Anggaran Biaya

Kegiatan	Volume	Satuan	Harga Satuan	Jumlah
Pekerjaan Persiapan				
Pembebasan lahan	331722	m ²	Rp 1.500.000,00	Rp 497.583.000.000,00
Pembersihan lahan (25%)	82931	m ²	Rp 14.900,16	Rp 1.235.677.880,59
Membuat direksi keet	126	m ²	Rp 368.667,36	Rp 46.452.087,89
Perlengkapan dan penerangan direksi keet	7	ls	Rp 228.000,00	Rp 1.596.000,00
Membuat alat semboyan	277	unit	Rp 1.027.997,67	Rp 284.755.354,59
Pengukuran dan pasang patok	55300	m'sp	Rp 626.995,72	Rp 34.672.863.138,60
Bongkar direksi keet dan gudang kerja	126	m ²	Rp 13.046,16	Rp 1.643.815,58
Pengadaan Bahan				
Volume balas pecah	19528,15	m ³	Rp 398.626,35	Rp 16.205.727.589,12
Volume bantalan beton dan penambat	46073	set	Rp 620.000,00	Rp 28.565.260.000,00
Volume rel R50	5530	m'	Rp 11.414.000,00	Rp 63104581800
Pekerjaan Balas dan Rel				
Pengadaaan dan menggelar sub balas	39541,61	m ³	Rp 576.541,27	Rp 27.090.129.219,81

Kegiatan	Volume	Satuan	Harga Satuan	Jumlah
Angkat listring dengan MTT, didahului HTT >60 km/jam	27643,5	m	Rp 335.199,73	Rp 9.266.093.736,26
Galian	90969.68	m ³	Rp 127.800,78	Rp 11.625.995.679,92
Timbunan	167649.45	m ³	Rp 72.980.91	Rp 12.235.210.239,29
Angkutan termasuk muat bongkar rel R 50	27643,5	m'	Rp 9.709,60	Rp 268.407.312,12
Pemasangan bantalan beton lengkap dengan alat penambat elastis	46073	set	Rp 30.731,65	Rp 1.415.899.309,25
Menyetel dan pemasangan rel R 50	27643,5	m'	Rp 193.168,87	Rp 5.339.863.628,10
Mengelas rel	2765	titik	Rp 1.733.624,94	Rp 1,733,624.94
Pasang dan stel wesel R 50	17	unit	Rp 1.843.876,31	Rp 371.345.897,27
Pembuatan saluran pembuangan	15950	m	Rp30.014,18	Rp 478,726,187.83
Jumlah				Rp 714.586.701.840,85
PPN 10%				Rp 71.458.670.184,09
Total				Rp 786.045.372.024,94
Pembulatan				Rp 786.045.380.000,00
Terbilang : <i>Tujuh Ratus Delapan Puluh Enam Milyar Empat Empat Puluh Lima Juta Tiga Ratus Delapan Puluh Ribu Rupiah</i>				

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB VII

KESIMPULAN DAN SARAN

7.1. Kesimpulan

Dari hasil evaluasi, perhitungan perencanaan jalur kereta api lintas Semarang – Demak ini sebagaimana dijelaskan diatas didapatkan rincian sebagaimana berikut:

1. Moda yang digunakan adalah jenis *LRT* yaitu kereta rel listrik INKA i9000 (KRL KfW) dengan *headway* 20 menit.
2. Trase yang pernah ada tidak layak untuk dilakukan revitalisasi karena sebagian besar akan menutup akses kawasan pemukiman dan indutri, dan banyaknya jalan raya yang berada di dalam ruang bebas jalur kereta api menyebabkan jalan raya harus dialihkan atau jalur kereta api sedangkan tempat pengalihan tidak ada.
3. Desain geometri jalan rel meliputi alinemen vertikal dan horizontal. Perencanaan yang digunakan adalah desain trase baru.
4. Struktur yang digunakan didapatkan sebagaimana berikut:
 - Tipe rel : R50
 - Passing ton tahunan : < 2,5 juta ton
 - Beban gandar : 18 ton
 - Lebar sepur : 1067
 - Jarak bantalan beton : 60 cm
 - Tebal balas di bawah bantalan : 5 cm
 - Lebar bahu balas : 35 cm
 - Tipe penambat : Pandrol (Elastik Ganda)
 - Sambungan : Las di tempat
 - Tebal balas atas : 25 cm
 - Tebal balas bawah (sub balas) : 30cm
5. Dimensi peron seluruh stasiun:
 - Panjang : 80 m
 - Tinggi : 1,1 m dari kepala rel

- Lebar : 4 m
 - Jarak antar peron : 3,09 m
6. Emplasemen pada Stasiun Sayung memiliki 3 *spoor siding*, Stasiun Kalikondang 3 *spoor siding* Stasiun Demak memiliki 4 *spoor siding* dan 4 dipo.
 7. Biaya yang dibutuhkan dalam pembangunan jalan rel ini sebesar Rp 786.045.380.000,00

7.2. Saran

Demi kesempurnaan dari penulisan laporan Tugas Akhir ini, Penulis mencoba memberikan saran-saran yang bersifat membangun untuk kesempurnaan Tugas Akhir kedepannya. Adapun saran-saran tersebut sebagaimana berikut:

1. Pemilihan trase dibuat sesedikit mungkin memiliki dampak sosial dengan menghindari daerah pemukiman dan jalan.
2. Pada perencanaan geometri, alinemen horizontal sebaiknya dibuat sepanjang mungkin trase lurus selama medan memungkinkan untuk dilalui.
3. Untuk kriteria desain jalur kereta api selain menggunakan peraturan yang baku juga melihat ketersediaan material yang ada di lapangan.
4. Perencanaan emplasemen harus mempertimbangkan grafik perjalanan kereta api yang ada.

DAFTAR PUSTAKA

- Fitriasari, Gita. 2014. **Moda Transportasi Kereta Api**. Makalah pada Scribd.com.
- Frisiani, Juliana. 2011. **Pemilihan Trase Jalan Baru**. Makalah pada Scribd.com.
- Hazubi, Syara. 2015. **Perencanaan Geometrik Jalan Rel Socah – Pamekasan**. Tugas Akhir di Jurusan Teknik Sipil FTSP ITS.
- Mataputun, Andrian. 2013. **Rancang Ulang Stasiun Kereta Api Solobalapan**. Tugas Akhir di Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Atma Jaya.
- Peraturan Menteri, 2011. **Rencana Induk Perkeretaapian Nasional (PM No. 43 Tahun 2011)**.
- Peraturan Menteri, 2012. **Tata Cara Penetapan Trase Jalur Kereta Api (PM No. 11 Tahun 2012)**.
- Peraturan Menteri, 2012. **Persyaratan Teknis Jalur Kereta Api (PM No. 60 Tahun 2012)**.
- Peraturan Menteri, 2014. **Standar Biaya Di Lingkungan Kementerian Perhubungan (PM No. 78 Tahun 2014)**.
- Teguh, Dodik. 2013. **Desain Geometrik, Struktur beserta Perkiraan Biaya Perencanaan Jalan Rel Sebagai Alternatif Transportasi Angkutan Tambang di Kabupaten Lumajang**. Tugas Akhir di Jurusan Teknik Sipil FTSP ITS.

JFE Steel Corporation. 2016. **Rail**. Katalog yang diambil dari www.jfe-steel.co.jp/en/products/shapes/catalog/d1e-001.pdf

PT. Wijaya Karya Beton. 2016. **Sleeper Brochure Wika Beton**. Katalaog yang diambil dari www.wika-beton.co.id/index.php/products-and-services/products/railway-sleepers

BIODATA PENULIS



Penulis bernama Rizqy Mukhlis Khoiruddin dilahirkan di kota Pati pada tanggal 19 Juli 1995, merupakan anak ketiga dari empat bersaudara dari pasangan Choiron dan Machnunah.

Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu MI. Manahijul Huda Ngagel, MTs. Manahijul Huda Ngagel, dan melanjutkan ke SMAN 1 Pati. Kemudian penulis melanjutkan pendidikan sarjana

jurusan Teknik Sipil FTSP-ITS Surabaya dan terdaftar sebagai mahasiswa dengan NRP 3112100012.

Dijurusan Teknik Sipil FTSP-ITS Surabaya, penulis adalah mahasiswa Program Sarjana (S1) dengan bidang studi perhubungan.

Selama kuliah, penulis menjuarai beberapa lomba yaitu Juara 2 Eco Village yang diadakan IPB Tahun 2013, dan Juara 3 Kompetisi Jembatan Indonesia (KJI) ke XI Kategori Jembatan Rangka Baja Jalan Raya sekaligus membawa ITS juara umum KJI untuk pertama kalinya. Selain itu penulis aktif berorganisasi dikampus, tepatnya di Departemen Hubungan Luar HMS dan di Departemen Dalam Negeri BEM FTSP.

E-mail : rizqymuklis@gmail.com